

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**Dynamické namáhání šicích nití při tvorbě
řetízkového a vázaného stehu**

**Dynamic stress of sewing thread in the
development of chain and bound stitch**

KOD/2012/06/2/MS

LIBEREC 2012

ZUZANA FAJTOVÁ

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Abstrakt

Práce se zabývá zjišťováním síly, působící na nit v průběhu šití. Tato síla je zjišťována bezkontaktní metodou pomocí vysokorychlostní kamery. Samotná metoda spočívá ve snímání dráhy nitě, kterou daný úsek nitě urazí za určitý čas a z této dráhy pak získává rychlost, zrychlení a samotnou sílu.

klíčová slova: namáhání, vysokorychlostní kamera, dráha, síla, rychlost, zrychlení

Abstract

The work deals with identifying forces acting on the thread during sewing. This force is measured contactless method using high-speed camera. The actual method involves scanning the track threads, the threads of the road traveled for some time and then obtains this track speed, acceleration and force.

keywords: stress, high-speed camera, track, power, speed, acceleration

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala všem, kteří mi pomohli s realizací této práce. Děkuji Doc. Ing. Antonínu Havelkovi, CSc, za konzultace, radu a vedení při zpracování tohoto tématu. Děkuji také Ing. Janu Palatovi, za neskonalou ochotu a pomoc při práci s kamerou. Stejně tak děkuji všem kteří mi pomáhali se závěrečným zpracováním a korekcí své práce. Také děkuji své sestře a jejímu příteli za radu při zpracování dat a své matce a celé rodině za morální podporu bez které bych tak daleko nedošla.

Obsah

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Úvod | 11 |
| 2. | Rešeršní část..... | 12 |
| 2.1. | Studie změny tahových vlastností šicích nití v různých šicích fázích. | 12 |
| 2.1.1. | Podrobnosti experimentu | 13 |
| 2.1.2. | Metrologie | 14 |
| 2.1.3. | Výsledek a diskuze | 16 |
| 2.1.4. | Závěrem | 19 |
| 2.2. | Snížení pevnosti a poškození vlákna během vysokorychlostního šití na průmyslových šicích strojích. | 20 |
| 2.2.1. | Materiály a metody..... | 20 |
| 2.2.2. | Výsledky a diskuze. | 21 |
| 2.2.3. | Poškození vláken..... | 24 |
| 2.2.4. | Příčné trhliny..... | 24 |
| 2.2.5. | Axiální rozdělení | 25 |
| 2.2.6. | Povrchové opotřebení a ostatní poškození povrchu..... | 26 |
| 2.2.7. | Závěr | 26 |
| 2.3. | Proces dotažení a optimalizace pracovních podmínek šicí příze..... | 27 |
| 2.3.1. | Část I. Dynamický model jevu [3] | 27 |
| 2.3.2. | Část II. Posouzení optimálního umístění provázání ve stehu. [4] | 29 |
| 2.3.3. | Závěrem | 33 |
| 2.4. | Hodnocení vlastností šicích nití pro průmysl a ostatní aplikace a jejich standardizace. | 34 |
| 2.5. | Zhodnocení rešerše | 39 |
| 3. | Příprava pro experimentální část | 40 |
| 3.1. | Šicí nitě | 40 |
| 3.1.1. | Namáhání šicích nití | 40 |
| 3.1.2. | Testovaná nit | 42 |
| 3.2. | Šicí stroj | 43 |
| 3.2.1. | Cyklogram..... | 44 |
| 3.2.2. | Tvorba stehu..... | 46 |
| 3.3. | Vysokorychlostní kamera OLYMPUS i-speed 3 | 47 |
| 4. | Experimentální část | 49 |
| 4.1. | Experiment 1..... | 49 |
| 4.1.1. | vyhodnocení experimentu 1 | 52 |

| | | |
|--------|--------------------------------------|----|
| 4.1.2. | zhodnocení experimentu 1 | 54 |
| 4.2. | Experiment 2..... | 55 |
| 4.2.1. | Dráha jehly..... | 59 |
| 4.2.2. | rychlost a zrychlení jehly | 63 |
| 4.2.3. | Chyba měření | 67 |
| 4.2.4. | Dráha nitě | 71 |
| 4.2.5. | Rychlost a zrychlení nitě | 73 |
| 4.2.6. | Síla působící na nit. | 76 |
| 4.3. | Porovnání z dřívějšími pracemi | 79 |
| 5. | Závěr | 81 |
| 6. | Literatura | 82 |
| 7. | Přílohy | 89 |

Použité zkratky a výrazy

| | |
|--------------|--|
| % | procento |
| a | zrychlení [m.s^{-2}] |
| A | amplituda |
| atd. | a tak dále |
| cm | centimetr - jednotka délky |
| cN | centi Newnton - jednotka síly |
| CO | bavlna |
| č. | číslo |
| dtex | decitex - jednotka jemnosti |
| F | síla [N] |
| f | fáze |
| fps | snímků za sekundu - rychlost snímání videa |
| g | gram - jednotka hmotnosti |
| CH | chyba |
| J | Joule - jednotka práce a energie |
| kg | kilogram - jednotka hmotnosti |
| m | metr - jednotka délky |
| m^2 | metr čtvereční - jednotka plochy |
| max. | maximum |
| min | minuta - jednotka času |
| min. | minimum |
| mm | milimetr - jednotka délky |
| N | newton - jednotka síly |
| obr. | obrázek |
| ot. | otáčky |
| ot/min | otáčky za minutu |
| ot/s | otáčky za sekundu |
| P | perioda |
| PES | polyester |
| pozn. | poznámka |
| s | sekunda - jednotka času |
| s | dráha [m] |

| | |
|------------|-----------------------------------|
| SEM | skenovací elektronová mikroskopie |
| \sin_y | sinusoida |
| t | čas [s] |
| tab. | tabulka |
| tex | jednotka jemnosti |
| t_{\max} | maximální hodnota času |
| tzn. | to znamená |
| v | rychlost [m.s^{-1}] |
| W | watt - jednotka výkonu |
| y | naměřená hodnota |
| y_A | hodnoty získané výpočtem |
| y_{\max} | maximální hodnota |
| y_{\min} | minimální hodnota |
| π | Pí - matematická konstanta |

1. Úvod

Šití je základní, nejdůležitější prvek pro tvorbu oděvů. Klasické šití je nejstarší způsob pojení textilií a dosud nejdostupnější a nejvyužívanější.

Aby mohl být proces šití dokonale zajištěn a zároveň byla zajištěna trvanlivost a kvalita spoje, je potřeba dbát na mnohé faktory ovlivňující samotné šití. Tedy je potřeba zajistit trvanlivost šicího materiálu, tedy nitě samotné. Proto je třeba zjistit, jakému zatížení je nit během stehotvorného procesu vystavena aby bylo možné vytvořit nit která tomuto zatížení bude optimálně odolávat.

Doposud existují metody zjišťování namáhání během šití, které vyžadují bezprostřední kontakt s nití. Jedná se o sondy a čidla, která se přikládají přímo na nit. Při takovémto měření však hrozí nebezpečí že měřená data budou tímto čidlem či sondou ovlivněna. Jiné metody zjišťování namáhání nití zase vyžadují následné vyjmutí nitě z šitého díla a tato nit je pak dále testována a porovnávána s hodnotami nitě před šitím. Tímto způsobem je však zjištěno spíše opotřebení niti, než samotné síly působící na nit během šití.

Úkolem této práce tedy bude zjistit sílu působící na šicí nit během šití pomocí vysokorychlostní kamery na základě vizuální analýzy. Tedy nalézt co nejefektivnější způsob testování namáhání, aniž bych jakkoli zasáhla do vlastního šicího procesu. Na základě vlastního zrychlení nitě v daném okamžiku a určité fázi tvorby stehu a zhodnotit kde je nit nejvíce namáhána.

2. Rešeršní část

V této části byly hledány články z odborné literatury, odpovídající dané problematice této práce. Především se jedná o články popisující metody zjišťování namáhání během šicího procesu. Byly tedy hledány texty obsahující klíčová slova, jako bylo dynamické namáhání, vázaný steh, šicí stroj či šicí nitě.

2.1. Studie změny tahových vlastností šicích nití v různých šicích fázích.

Textile research Journal 2009 [1]

Během vysokorychlostního šití je nit vystavena opakovanému tahovému napětí, teple, ohýbání a tlaku. Proto je potřeba, aby nitě měly velkou životnost. Aby bylo možné navrhnout stroj, který poškozují nit co možná nejméně, je potřeba pochopit jak se mění mechanické vlastnosti niti, jak nit prostupuje šicím strojem a jak se tvoří steh.

Pevnost švu určuje v prve řadě pružnost, vzhled a trvanlivost niti. Slabá a nekvalitní nit může výrazně zvýšit výrobní náklady. Aby se zabránilo chybám v šicím procesu a zabezpečilo se minimální poškození v průběhu rázového zatížení během šití, musí mít nitě vysoký počáteční modul¹.

Během vysokorychlostního šití je nit o to víc vystavována opakovanému tahovému napětí, tepelnému ohýbání, tlaku, a krutu. Během působení těchto namáhání, vlákno předtím než se stane součástí stehu, projde opakovaně látkou, očkem jehly a mechanismem pouzdra cívky přibližně 50-80 krát. Dřívější výzkumné práce uvádějí

¹ Počátečním modulem uvažuje autor článku jako o koeficientu vlastností šicích nití ještě před tím, než nit vstoupí do vlastního stehotvorného procesu. Jedná se o vlastnosti jako je pevnost, pružnost, tažnost atd. Vysoký počáteční modul tedy znamená velmi dobré vlastnosti šicích nití.

až 60% snížení pevnosti nitě po šití. Později bylo toto procento sníženo na 30-40%. Nedávné studie mercerované bavlněné nitě uvedly 20% ztrátu tažnosti a počátečního modulu. SEM studie potvrdila poškození konstrukce vláken, posuv vrstev a odření povrchu vláken. Škoda je soustředěná na vazné body stehu, kde je maximální napětí, ohýbání a tření. Mnoho dřívějších výzkumů studovalo napětí niti v průběhu šití a je tak dobře známo že největší tahové namáhání je v okamžiku zatahování stehu.

Nicméně autor článku uvádí, že nemohl najít žádné studie, které by se zabývaly změnami nití v různých fázích šicího procesu. Proto testuje čtyři různé šicí nitě, ve čtyřech různých šicích etapách, aby lepe pochopil změnu mechanických vlastností nití a tím mohl navrhnout správné parametry stroje, aby tak minimalizoval ztráty v pevnosti.

Mechanické vlastnosti vláken jsou závislé na vlastnostech základních vláken a na jejich uspořádání. Tření, ohýbání a komprese způsobuje narušování povrchu vláken a to vede ke ztrátě mechanických vlastností. Syntetická vlákna mohou vlivem zahřátí jehly tát. Proto musí mít vlákno odpovídající vlastnosti, aby těmto namáháním odolalo.

2.1.1. Podrobnosti experimentu

Materiál

Pro experimenty jsou použity nitě z mercerované bavlny, polyesteru, jádrové nitě polyester-bavlna a jádrové nitě polyester-polyester o jemnosti 40 tex. Nitě byly charakterizovány počtem vrstev, úrovní zákrutu, směrem zákrutu a součinitelem tření. (tab 1)

tab 1. Vlastnosti šicích nití [1]

| Charakteristiky | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------|--------------|--------------|------------------|-------------|-------------------------|------------------------|
| Typ vlákna | Jemnost (tex) | Zákrut (tpm) | Směr zákrutu | Pevnost (cN/tex) | Tažnost (%) | Počáteční modul (N/tex) | Součinitel tření μ |
| Bavlna | 14,2 x 3 | 704 | Z/S | 32,85 | 6,31 | 4,46 | 0,15 |
| Polyesterová stříž | 22,6 x 2 | 567 | Z/S | 35,87 | 18,59 | 2,92 | 0,12 |
| Polyester-bavlna jádrová nit | 21,3 x 2 | 668 | Z/S | 44,73 | 25,78 | 2,64 | 0,14 |
| Polyester-polyester Jádrová nit | 21,7 x 2 | 575 | Z/S | 52,66 | 24,65 | 3,26 | 0,14 |

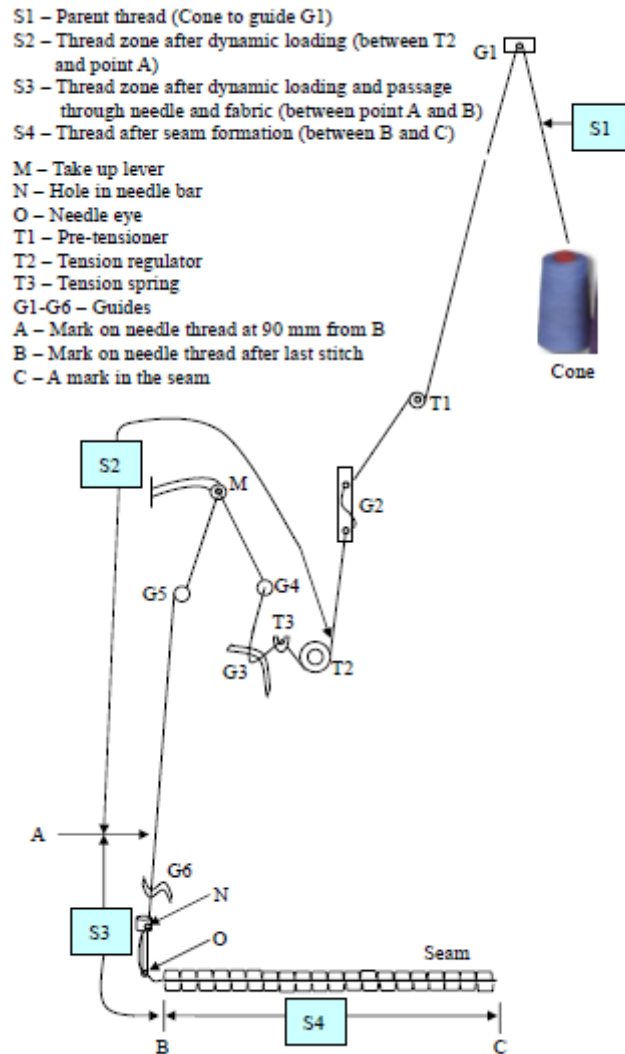
Jako nosná tkanina byl použit vzorek denimu 27 x 17 cm 355 g/m²

Příprava švu

Byl použit průmyslový šicí stroj Juki 4000 steh/min, délka stehu 3 mm na třívrstevném materiálu. Rychlost je kontrolována otáčkoměrem. Statické napětí cívky bylo nastaveno pro každou použitou nit individuálně.

2.1.2. Metrologie

Šev je tvořen provázáním jehelní a spodní nitě. Jehelní nit provádí průnik textilií do spodní části kde je zachycena stehotvorným ústrojím. Je vytvořena smyčka, která je přetažena přes pouzdro cívky a obě niti jsou provázány. Přitom je spotřebována jen velmi malá délka niti pro vlastní tvorbu stehu. Zbytek niti je stažen zpět do horní části stroje a materiál se posune o délku stehu. Každý usek niti, který je určen pro vytvoření stehu projde očkem jehly přibližně 22 krát. Cesta, kterou nit musí urazit od cívky se zásobou niti, až ke švu byla rozdělena do čtyř zón. (Obr 1.)



Obr 1. zóny jehelní niti v šicím stroji [1]

S1 – od Cívky se zásobou horní nitě k prvnímu vodiči.

S2 - od regulátoru napětí T2 – nit je vystavena dynamickému zatížení při průchodu regulátoru, ale jehlou neprošla.

S3 – ob posledního stehu k bodu A- nit prošla dynamickým zatížením regulátoru a zároveň prošla opakovaně okem jehly. Čím blíže je nit bodu B tím vícekrát nit prošla jehlou.

S4 – od posledního stehu, bodu B k bodu C – nit prošla všemi procesy a začlenila se do švu.

Byl ušit šev o délce 1m. Po zastavení stroje byla učiněna značka v místě posledního stehu (bod B) Nit byla ustřižena po průchodu napínače G2 a pečlivě odstraněna z ostatních vodičů a napínačů. Jednotlivé zóny byly upnuty do čelistí a podrobeny tahovému testu. Prou zkoušku nit zóny S4 byla nit získána ze švu přerezáním spodní nitě. Bylo provedeno 30 testů pro každou fázi a byl zjištěn 95% interval spolehlivosti, který činil 4%.

Vliv jednotlivých částí na hodnoty sousedních zón je procentuálně stanoven podle uvedených vztahů:

$$\text{Změna (\%)} = \frac{T_n - T_1}{T_1} \times 100$$

$$\text{Podíl (\%)} = \frac{T_n - T_{n-1}}{T_1 - T_4} \times 100$$

2.1.3. Výsledek a diskuze

Nejvyšší pevnost prokázala jádrová nit polyester-polyester, následovaná jádrovou nití polyester-bavlna. Dále polyesterová a nakonec bavlněná nit. (Obr. 2) Nicméně různé parametry ovlivňující pevnost nití je třeba posuzovat odděleně. (tab 2)

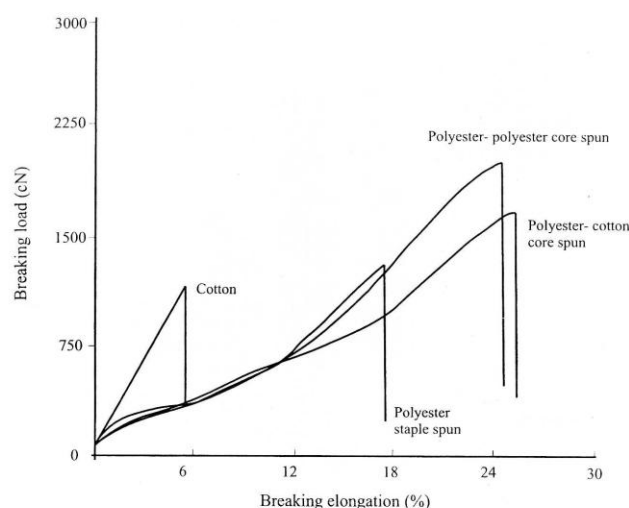


Figure 3 Load elongation curve for different sewing threads.

Obr. 2. Tahové křivky testovaných šicích nití [1]

tab 2. Střední hodnoty mechanických vlastností vláken v různých fázích šití. [1]

| Vlastnosti | Šicí zóny | Typ nití | | | |
|----------------------------|-----------|----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | | Bavlna | Polyester | Polyester-bavlna nit | Polyester-polyester jádrová nit |
| Pevnost (cN/tex) | S1 | 32,85 | 35,87 | 44,73 | 52,66 |
| | S2 | 30,35* (-7,61%) | 36,33 (1,28%) | 46,17* (3,22%) | 53,53 (1,65%) |
| | S3 | 29,04* (-1,60%) | 35,09 (-2,18%) | 45,54* (1,82%) | 42,61 (-0,10%) |
| | S4 | 23,48*a (-8,52%) | 32,29*a (-9,99%) | 42,63*a (-4,69%) | 49,43*a (-6,13%) |
| Tažnost (%) | S1 | 6,31 | 18,59 | 25,78 | 24,65 |
| | S2 | 5,25* (-6,80%) | 18,56 (-0,16%) | 25,69 (-0,36%) | 24,59 (-0,24%) |
| | S3 | 5,3* (-0,29%) | 17,64* (-5,11%) | 24,9* (-3,05%) | 24,18 (-1,90%) |
| | S4 | 4,97a (-1,24%) | 15,85*a (-14,54%) | 22,91*a (-11,12%) | 22,38*a (-9,19%) |
| Počáteční modul (N/tex) | S1 | 4,46 | 2,29 | 2,64 | 3,26 |
| | S2 | 5,69* (27,65%) | 2,86 (-1,98%) | 2,73* (3,38%) | 3,42* (4,88%) |
| | S3 | 5,91* (32,72%) | 2,82 (-3,57%) | 2,62* (-0,84%) | 3,34 (2,44%) |
| | S4 | 4,11*a (7,85%) | 2,36*a (-19,05%) | 2,21*a (-16,46%) | 2,27*a (-30,31%) |
| Lámavost (J) | S1 | 0,098 | 0,2925 | 0,5403 | 0,5593 |
| | S2 | 0,078* (-20,41%) | 0,2922 (-0,11%) | 0,5622* (4,05%) | 0,5714 (2,16%) |
| | S3 | 0,073* (-25,51%) | 0,2665* (-8,88%) | 0,5335* (-1,25%) | 0,5500 (-1,67%) |
| | S4 | 0,056*a (-42,88%) | 0,2298*a (-21,42%) | 0,4680*a (-13,39%) | 0,4760*a (-14,89%) |

* významný rozdíl v 95% intervalu spolehlivosti oproti předchozí etapě.

a významný rozdíl v 95% intervalu spolehlivosti oproti etapě S1

Pevnost a tažnost

Došlo k významnému snížení vnitřních sil pro všechny nitě. Největší ztráta je pro Bavlněné nitě (29%). Nejmenší je u jádrových nití polyester-bavlna (5%). Největší úbytek v tažnosti utrpěla bavlněná nit (21%) a nejmenší polyester-polyester jádrové nitě (9%)

Bylo tak zjištěno, že u nití ze střížných vláken dochází k vytržení některých vláken na povrchu a tím je narušena struktura niti a jednotlivá vlákna uvnitř příze se snáze uvolní a dojde ke značné ztrátě pevnosti. Zatímco u jádrových nití, odolnost příze v tahu závisí především na vlákně jádra. Vytržení vláken z povrchu tedy do určité míry nemá vliv na pevnost a tažnost.

K ovlivnění těchto vlastností přispívá i průchod jehly textilií, i když byla zvolena nejmenší a nejvhodnější možná jehla. Tření s jehlou a poškození může ovlivnit i počet odstávajících vláken na niti, která snižují přítlak mezi hranou jehly a přízí, navíc vzduch mezi těmito vyčnívajícími vlákny napomáhá k ochlazování jehly. Dalším faktorem je interakce vrchní a spodní niti. Utahování stehu způsobuje tření jehelní niti o spodní. Tato ztráta se u střížných nití pohybovala kolem 78% z celkové ztráty. U jádrových nití dokonce kolem 100%.

Počáteční modul

Bylo pozorováno, že počáteční modul klesá ve všech směrech. Největší ztrátu vykazují jádrové nitě polyester-polyester (30%), poté polyesterové střížné (19%), jádrové nitě polyester-bavlna (16%) a nejmenší ztráty měly nitě bavlněné (8%).

Je pozorováno podstatné zvýšení počátečního modulu pro bavlněnou nit po dynamickém zatížení (ve fázi S2). To se pravděpodobně stalo díky přeskupení vláken v přízi. Během předení dochází k větší tuhosti v ohybu a spleťový průřez ponechává prostor pro vnitřní přeskupení, oproti kompaktní konstrukci nekonečných polyesterových vláken.

Významné snížení počátečního modulu je pak sledováno mezi fázemi S3 a S4. Špatná odolnost v oděru způsobuje strukturální dezintegraci.

2.1.4. Závěrem

Během vysokorychlostního šití se tahové vlastnosti šicích nití výrazně snížily. Hlavní příčinou snížení vlastností je interakce se spodní nití v závěrečné fázi šití. Průchod jehly textilií má relativně malý vliv na ztrátu tahových vlastností, stejně jako dynamické zatížení nezpůsobí žádné změny v tahových vlastnostech pro polyesterové střížné nitě a polyesterové jádrové nitě. Počáteční modul se zvyšuje v důsledku dynamického zatížení u mercerované bavlny.

Autor tedy konstatuje, že nejlepší jsou jádrové, jelikož jejich snížení pevnosti je relativně nízké, přičemž pevnostní ztráta bavlněných nití při šití v provozu, je značná.

[1]

2.2. Snížení pevnosti a poškození vlákna během vysokorychlostního šití na průmyslových šicích strojích.

Department of textile technology 1998 [2]

Studie o zeslabení šicích nití, byly vždy důležitým hodnocením jejich kvality. Tento dokument se konkrétně zabývá ztenčením vlákna a škodami způsobenými na vláknech, během vysokorychlostního šití na průmyslových šicích strojích.

V úvodní části autoři rozebírají vlastní problematiku namáhání šicích nití, kdy šicí nit je v průběhu šití vystavena mnohemu mechanickému namáhání a většina z těchto namáhání je cyklického charakteru. To vede ke vzniku vad, poškození vláken a vytváření slabých míst v šicí niti, což má vliv na vlastní tvorbu stehu.

Pro vyhodnocení poškození vláken používají elektronový mikroskop SEM a dále je uvedeno, že při takovémto testování je třeba vlákna posoudit také v tahovém testu. Účelem je odhalit hlavní zatížení během vysokorychlostního šití.

2.2.1. Materiály a metody

Pro vlastní studii byly vybrány čtyři nitě ze syntetických vláken, označené jako PC80, PC120, HB100 a PS100, a jedna bavlněná nit CN50. Tahové zkoušky však byly podrobeny jen nitě PC80, PC120 a BH100.

Jako nosný materiál pro testování těchto nití byla zvolena tkanina z polyesterových vláken, jejíž osnova měla jemnost 10.7 tex a útek: 17:2 tex.

Testování bylo provedeno na průmyslovém šicím stroji Singer model 19ID 200AA, jehla č. 16, steh o délce 2.5.

Dynamické napětí jehelní nitě bylo měřeno tenzometrem vytvořeným pro tento účel. Sonda byla umístěna těsně nad jehelní tyčí. Přístroj byl propojen s osobním počítačem, kdy data byla sbírána nepřetržitě během 75 stehů.

Poté byly nitě z textilie odstraněny a namotány jednotlivě do rámu po délce 20 mm. Bylo tak provedeno 100 testů. Pro konečné zjištění poškození byla vlákna po celé délce snímána pomocí SEM.

2.2.2. Výsledky a diskuze.

Změny tahových vlastností byly odhadnuty podle vzorce, který byl odvozen z hodnot šité textilie a hodnot odpovídajícím tahovým vlastnostem testovaného vlákna. (tab 3.) K největší ztrátě došlo u vlákna PC 120 (8.9%) a nejmenší u vlákna PC 80 (4.8%).

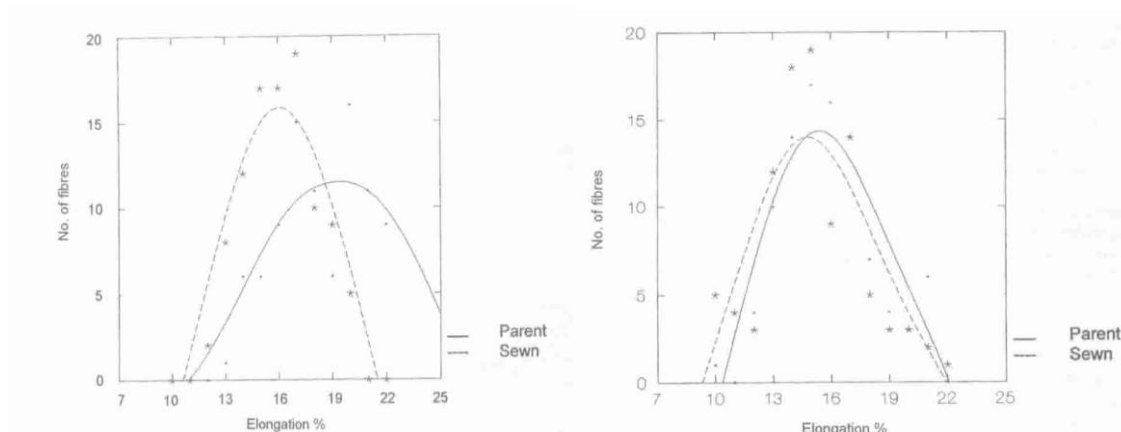
tab 3. Vlastnosti vláken v tahu [2]

| | Napětí (%) | Soudržnost (pevnost) (cN/tex) | Odolnost (tuhost) (cN/tex) | Modul (cN/tex) |
|-------------------------------|-------------------|--|---|---------------------------|
| PC120" vlákno 1,1 dtex | | | | |
| Šicí nit | | | | |
| Průměr | 16,6 | 65 | 5,1 | 419,3 |
| Min. | 9,7 | 49,1 | 2,7 | 236,8 |
| Max. | 25,3 | 77,3 | 8,7 | 656,3 |
| C.V.% | 19,6 | 9,6 | 28,9 | 18 |
| Šitý mat | | | | |
| Průměr | 13,6 | 59,2 | 3,8 | 467,1 |
| Min. | 9 | 39,1 | 0 | 337,2 |
| Max. | 22,1 | 75,1 | 7,2 | 948,6 |
| C.V.% | 18,4 | 13,5 | 35,5 | 16,9 |
| Změna% | -17,6 | -8,9 | -25,5 | 11,4 |
| BH100: vlákno 1,1 dtex | | | | |
| Šicí nit | | | | |
| Průměr | 15 | 64,8 | 4,9 | -517,3 |
| Min. | 9,8 | 41,5 | 2 | 274,2 |
| Max. | 22,4 | 85,3 | 13,7 | 761,8 |
| C.V.% | 16,7 | 13,3 | 39,3 | 20,1 |
| Šitý mat | | | | |
| Průměr | 13,9 | 59,3 | 4 | 536,3 |
| Min. | 7 | 33,9 | 1,4 | 306,4 |
| Max. | 22,2 | 85,3 | 11,9 | 793,7 |
| C.V.% | 18,8 | 16,8 | 39 | 15,6 |
| Změna% | -7,1 | -8,5 | -18,4 | 3,7 |
| PC80: vlákno 1,7 dtex | | | | |
| Šicí nit | | | | |
| Průměr | 17,3 | 47,9 | 3,6 | 308,4 |
| Min. | 12,5 | 34,3 | 1,9 | 183,7 |
| Max. | 24,3 | 58,6 | 6 | 493,8 |
| C.V.% | 15,5 | 9,9 | 22,9 | 18,9 |
| Šitý mat | | | | |
| Průměr | 14,9 | 45,6 | 3,1 | 311,5 |
| Min. | 9,8 | 27,5 | 1,4 | 177,9 |
| Max. | 25,3 | 59,4 | 4,9 | 445,4 |
| C.V.% | 14,7 | 14,3 | 27,8 | 18,0 |
| Změna% | -13,8 | -4,8 | -13,9 | 1 |

Bylo tak zjištěno že u šicích nití PC80 a BH100 nedochází k významnému snížení odolnosti, tudíž tak ke změně pevnosti těchto vláken. Tedy byla poškozena jen některá vlákna v niti, vzhledem k jejich umístění ke kontaktnímu bodu s jehlou. Nicméně došlo ke snížení pevnosti u PC120 nití. Byla tedy poškozena všechna vlákna v niti.

I přes vykázané změny pevností vláken, nedošlo k významným změnám stresových křivek před a po testu. Přesto vlákna vykazují významný pokles zatížení při přetržení. Což je zvláštní vzhledem k malému zatížení během stehotvorného procesu (50-60 cyklů). To je v rozporu s dřívějším pozorováním, kdy bylo zjištěno, že mez pevnosti se zvyšuje během počátečních fází zatížení. To dokazuje i prodloužení při přetrhu šicích vláken v počáteční fázi cyklického zatížení. Proto se zdá, že na namáhání nití při šití mají velký vliv i jiné vlastnosti, než jednoduché tahové zatížení.

Zajímavé je, že u vláken PC80 došlo k velkému prodloužení navzdory minimální ztrátě na síle. Tažnost PC80 vláken vykazuje vzhledem k ostatním výraznou změnu. Rozptyl vrcholů je kolem 15%. Tedy škody na PC80 jsou vážnější než na ostatních vláknech. (Obr 3; Obr 4)



Obr 3. Frekvenční plocha prodloužení vlákna PC80 [2]

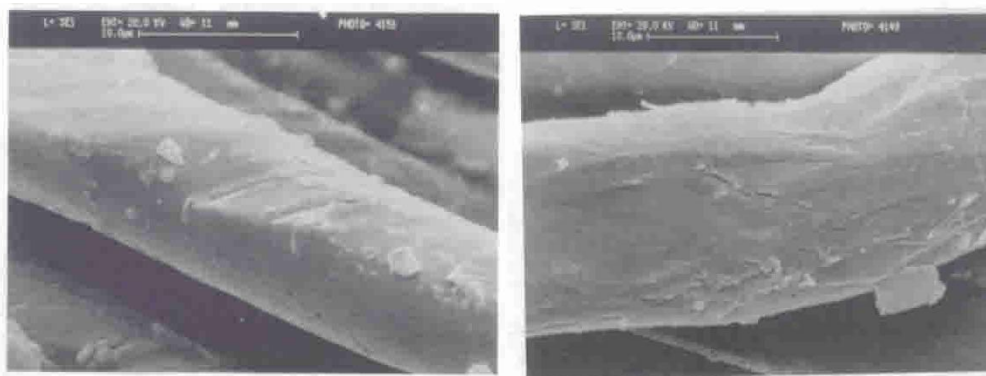
Obr 4. Frekvenční plocha prodloužení vlákna BH100 [2]

2.2.3. Poškození vláken

Pro podrobný přehled o škodách způsobených na vláknech byla vlákna naskenována pomocí SEM. Škody byly většinou soustředěny na bod provázání nití ve stehu. Poškozené byly také vlákna, která byla v kontaktu s hranou cívky během utahování stehu.

2.2.4. Příčné trhliny

Často byly pozorovány právě v místě kontaktu s cívkou nebo v bodě provázání nití, nejspíše díky ostrému ohýbání vlákna v kombinaci se stlačováním. (Obr 5; Obr 6)

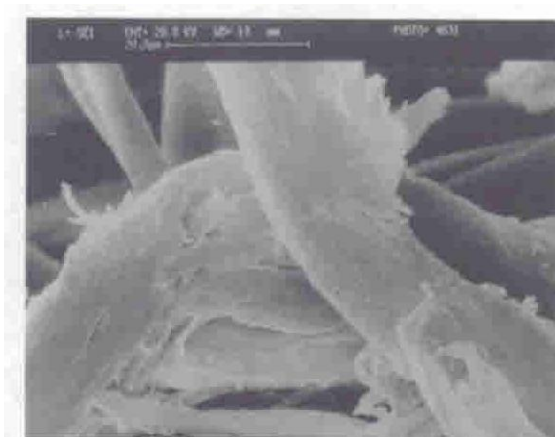


Obr 5. Příčné trhliny a poškození povrchu vláken: PC80 [2]

Obr 6. Příčné a podélné trhliny na povrchu vlákna: PC80 [2]

Více příčných a podélných trhlin bylo pozorováno v okolí vazného bodu. Právě tato poškození způsobují začátek přetržení nití.

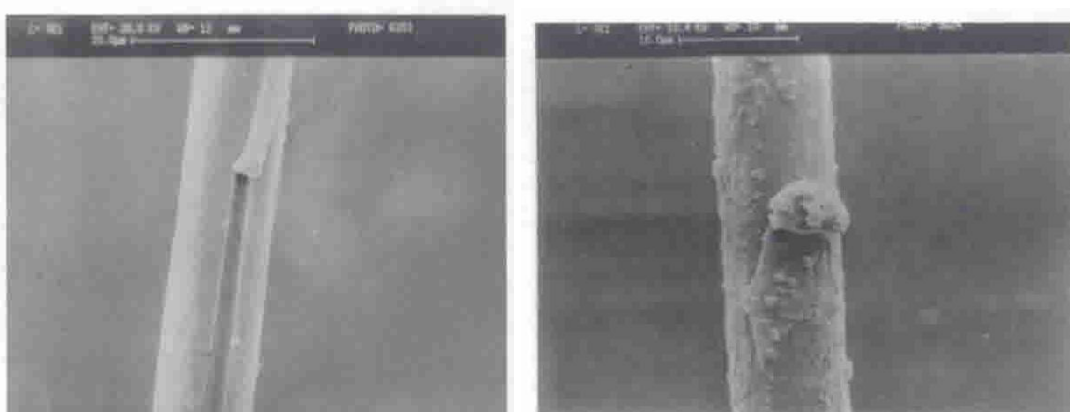
Bylo zjištěno, že trhliny v bavlněných vláknech jsou větší než u jiných vláken. (Obr 7)
Trhliny jsou daleko méně zřetelné a časté u jemnějších vláken



Obr 7. Příčné a podélné trhliny na povrchu vlákna: PC80 [2]

2.2.5. Axiální rozdělení

Axiální dělení lze přičíst přítomnosti smykových napětí v ohýbání a náhlých změn směru pohybu vlákna pod vysokým napětím během stehotvorného procesu. (Obr 8; Obr 9). Můžeme poznamenat, že dělení polyesterových vláken není tak vážné jako u bavlněných.



Obr 8. Axiální dělení polyesterového vlákna [2]

Obr 9. Axiální dělení bavlněného vlákna. [2]

2.2.6. Povrchové opotřebení a ostatní poškození povrchu

Povrchové opotřebení vlákna je jiný druh poškození a je poměrně vážné. Vzniká vysokým napětím v průběhu šití. Na vlákne může vzniknout opotřebení s kovovými částmi z nitěných cívek. (Obr 10)



Obr 10. Trhlina vzniklá o kovové části. [2]

To nejspíš vzniká měknutím daných částí, díky teple vznikajícímu třením povrchu při vysokém napětí. Vlákn PC80 jsou mnohem náchylnější k tomuto měknutí než ostatní polyesterová vlákna.

2.2.7. Závěr

Studie snížení pevnosti vláken ukazuje vliv dynamického zatížení na pevnost vláken. Rozsah tohoto snížení závisí na konkrétním zatížení. Ostrá ohyb při provazování nití způsobuje trhliny a praskliny ve vláknech, které mají většinou největší vliv na poškození nití. Nicméně bylo zjištěno, že poškození nejsou tak závažná, aby ohrozily bezprostřední výkon šicí nití.

[2]

2.3. Proces dotažení a optimalizace pracovních podmínek šicí příze.

Department of clothing technology 2006-07

2.3.1. Část I. Dynamický model jevu [3]

Během procesu vytváření stehu, kdy nit projde jehlou je nití vystavena extrémnímu namáhání. Jako nejdestruktivnější fáze procesu je považována fáze utahování stehu. Tvůrci tohoto článku se zabývali právě tímto namáháním v dynamických podmínkách a posuzují různé parametry ovlivňující toto poškození.

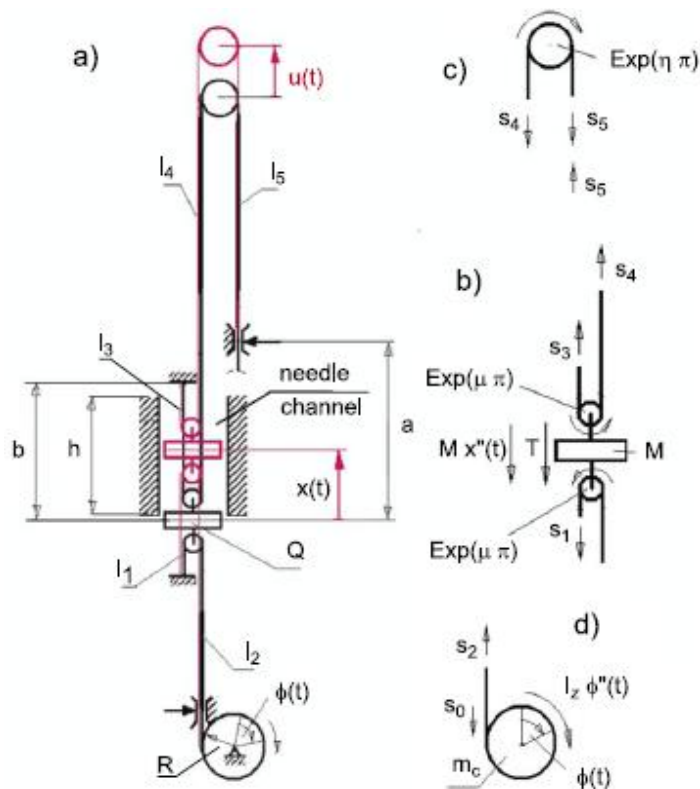
Poškození nití při tvoření stehu je jednou z hlavních technologických nevýhod. Může tak dojít k snížení účinnosti procesu, (přetrh nití) a snížení životnosti výrobku (pevnost švu). Velikost poškození je dána počtem cyklů a velikosti dynamické síly během jednoho cyklu. Toto poškození se většinou projeví právě ve chvíli provázání a utažení stehu.

Aby mohly být určeny vztahy mezi technologickými parametry a dynamickou silou byl vytvořen model procesu utahování stehu. Model byl vypracován podle Newtonova druhého zákona dynamiky, a rovnice byly formulovány s ohledem na hmotnost (M) vláken v provázání (Q), které jsou neznámé. (Obr 11)

$$Mx''(t) = -s_1 - s_2 - T + s_1 + s_2$$

Následné rovnice pak byly upravovány tak aby zohlednili rotaci spodní cívky.

$$I_z = \frac{m_c R^2}{2}$$



Obr 11. Fyzikální model dynamického umístění provázání nití b) oblast provázání, c) zatahování nití, d) oblast cívkového pouzdra.[3]

Další model byl vytvořen pro provázání nití. Ten byl rozdělen do dvou etap, kdy první znázorňuje elastické protažení nitě, druhá znázorňuje posunutí nitě do druhé stehotvorné formace. Deformace nití jsou pružné a proto podléhají Hookovu zákonu.

$$s_i = EAe_i$$

Poté, co byly vzaty v potaz všechny tyto skutečnosti, společně s geometrickým zatížením dalšími matematickými zásadami, vznikl konečný vztah:

$$x'''(t) = \frac{-s_0 - e^{\pi t} s_0 - e^{-\pi t} s_4 - T}{M + m_c + e^{\pi t} m_c}$$

Po dosazení konkrétních hodnot, vznikla hodnota popisující konečné umístění provázání nití v průpichu jehly.

[3]

2.3.2. Část II. Posouzení optimálního umístění provázání ve stehu. [4]

V první části článku byl vytvořen model, podle něž bylo navrženo optimální umístění provázání nití ve stehu, tak, aby bylo poškození nití za daných technologických podmínek co nejmenší. Tyto teoretické výpočty byly ověřeny v praxi šitím.

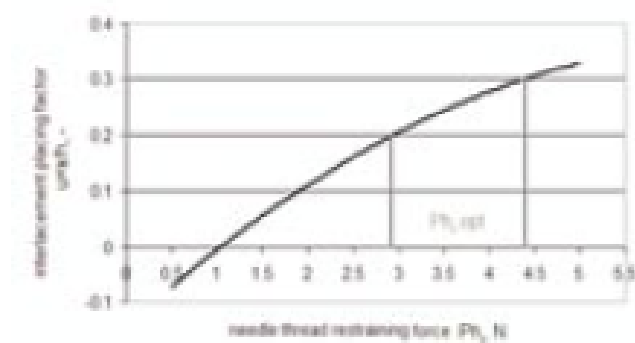
Stehotvorný proces představuje cyklus po sobě jdoucích etap, stanovených spoluprací pracovních prvků stroje. Správná tvorba stehu je dána odpovídajícím napětím, statickým i dynamickým. Jinak jsou do procesu vneseny další např. tahové vlastnosti a tím může dojít k porušení správné tvorby stehu, nebo až k porušení a přetržení nití.

Tyto vady mohou být zmírněny vhodným výběrem hodnot technologických parametrů a vytvořením vhodných podmínek. V první části článku byl vytvořen model pro optimální utažení stehu. Tato optimalizace vede k poklesu tahových sil působících na nit po šití. To se opírá o stanovení poměru mezi jehelní a spodní nitě.

Model z předchozí části článku je základem pro stanovení mnoha hodnot jehelní nitě.

Je také poznamenáno, že hodnoty je třeba hodnotit v intervalech. Hodnocení byla z nejpříznivějších umístění propletení, vyplývajících z široké škály podmínek, podle nichž byl steh tvořen.

Na základě stanovených nomogramů (Obr 12) a údajů z tabulky, se zdá nejpříznivější zadržující síla na úrovni $Ph_i \cong 3 \div 4,4 \text{ N}$.

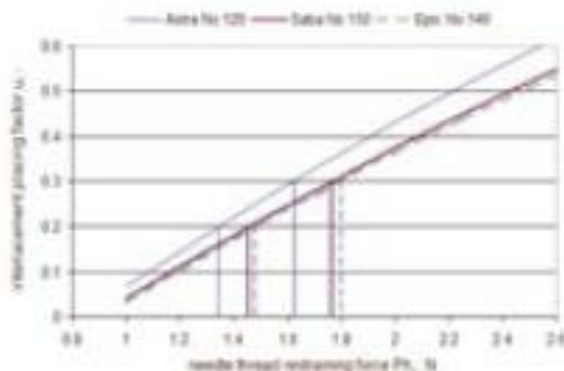


Obr 12. stanovené nomogramy. [4]

Výše uvedeny teoretický optimalizační postup byl experimentálně aplikován na tři druhy šicích nití. (Saba č. 150, Epic č. 140, Astra č. 120)

Byly přijaty technologické podmínky pro vlastní provedení experimentu.:

- šicí stroj, DB2-B373-913 od Brother Exedra
- textilní materiál; CO / PES tkanina, 3 vrstvy
- rychlost otáček šicího stroje, $n = 2100$ ot. / min
- délka stehu, $s = 2.5$ mm
- tažná síla spodní nití, $Ph_i = 0.21$ N
- tažná síla jehelní nití, posuzována podle optimalizačního nomogramu. (Obr 13)
- Hodnocení umístění provázání stehu, prováděno měřením požadavků nití a výpočtem hodnoty provázání koeficient m .
- hodnocení pevnosti nitě po procesu šití, provedené testy pomocí tahových testerů.



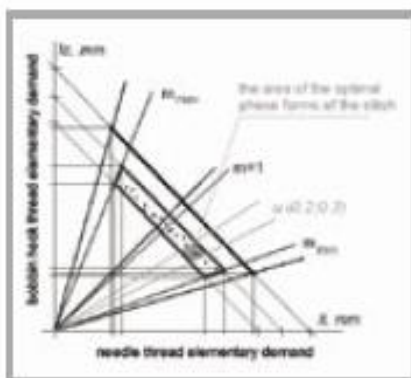
Obr. 13. optimalizační nomogram pro tři šicí nitě. [4]

Steh byl tvořen tak, aby provázání leželo v blízkosti spodní nebo horní roviny šitého materiálu.

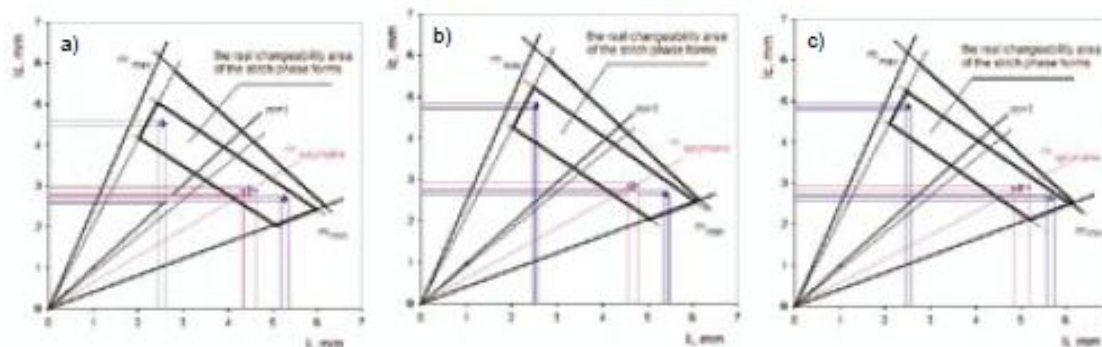
Na základě experimentů spojených s výpočty vznikly konkrétní konečné hodnoty stanovující optimální tažnou sílu.

- Astra č. 120: $\Phi \in (1,35 \div 1,62) \text{ N}$
- Saba č. 150: $\Phi \in (1,46 \div 1,76) \text{ N}$
- Epic č. 140: $\Phi \in (1,48 \div 1,80) \text{ N}$

Na základě vypočtených hodnot a skutečnosti byl stanoven koeficient m . Je to hlavní nástroj pro hodnocení struktury stehu. Mimoto byl stanoven i koeficient y , který znázorňuje tvar stehu a počítá se empiricky. (Obr 14) Parametr h určuje výšku průpichu jehly, ten však nelze stanovit experimentálně, avšak přesně nám při přiblížení určuje umístění provázání nití.



Obr 14. stanovení koeficientu y [4]

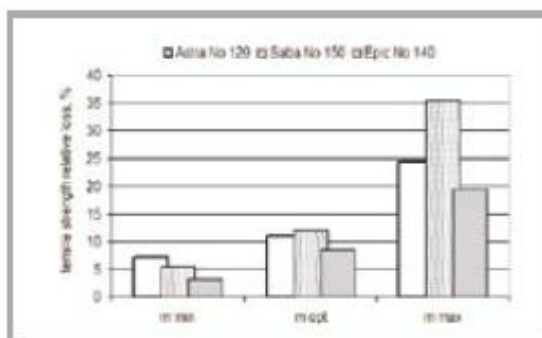


Obr 15. Výsledky experimentů grafy [4]

V každé z variant se provázání nachází v dolní části průniku jehly, zároveň tahové síly spodní nití jsou minimální. Lze tedy zhodnotit, že vytvořená metoda, zajišťuje vhodné umístění vazného bodu (Obr 15).

Síla při přetržení nití švů byly stanoveny na základě nomogramů. Získané výsledky byly porovnány s hodnotami stanovenými před šitím.

V závěru byla provedena analýza ztráty pevnosti. (Obr 16) Bylo zjištěno že vlastní působení stehotvorného ustrojí je minimální. ($3,2 \div 7,7\%$) Optimální se zdá být i fáze utahování stehu ($8,6 \div 12,1$ – přijatelná mez je 15%) Fáze proplétání nití však hodnoty vytáhla k horní rovině. ($19,6 \div 35,5\%$) a to znamená, že za daných technologických podmínek může dojít k přetrhu nitě.



Obr 16. Analýza ztráty pevnosti. [4]

2.3.3. Závěrem

Může být tedy konstatováno, že navržený postup je vhodný pro stanovení vytvoření stehu. Navrhovaný postup však musí být stanoven tak aby nezpůsobil poškození vlákna větší než je 15%. Je také potřeba zajistit vhodný prostor pro proměnlivost procesu.

[4]

2.4. Hodnocení vlastností šicích nití pro průmysl a ostatní aplikace a jejich standardizace.

Fibre Chemistry: 2009 [5]

Pro hodnocení spolehlivosti šicích nití a jejich zatížení ve švu, se využívá indexu lámání. Metoda pro toto hodnocení, musí být navržena tak, aby zajistila takové použití nití, kdy nedojde ke zlomení vlákna ve švu během používání předmětů.

Při zavádění standardu, autoři narazili na problém spojený s nejnovějšími poznatky, používanými při výrobě průmyslových nití. Je příliš mnoho vláken, která jsou již standardizována (asi 50 položek), ale jsou určitým způsobem specializována díky speciálním vláknům nové generace. Nitě jsou svou konstrukcí určeny pro široký sortiment průmyslových i speciálních účelů a jsou na ně kladené velké požadavky v oblasti spolehlivosti a bezpečnosti.

Nitě jsou v průběhu svého využívání vystaveny četným faktorům namáhání a proto bylo v souvislosti s tímto publikováno mnoho metod a kritérií hodnocení odolností nití. Většina z nich však byla provedena jen v laboratorním prostředí a jen některé z nich byly standardizovány.

Při stanovení nové standardizované metody testování tkanin a nití ve švu je zohledňován celý soubor hodnocení indexu kvality. Tyto vlastnosti však neudávají významný přínos v hodnocení vlastností nití jako takových, proto se tyto vlastnosti musely stanovit dodatečně v rámci standardizované zkušební metody.

Bylo zkoušeno několik druhů vláken v různých tahových zkouškách.

- Počáteční pevnost při přetržení P_b
- Prodloužení při přetržení ε_{gb}
- Pevnost smyčky P'_{loop}
- Pevnost v uzlu P_k
- Pevnost jednoho nosného prvku provázání P_{1be}

Výsledky jsou uvedeny níže. (tab 4).

tab 4. Výsledky tahových zkoušek různých přízí. [5]

| Název vlákna | struktura | lineární hustota (tex) | P _b (cN) | ε _b (%) | P' _{loop} (cN) | ε' _b (%) | P ₁ (cN) | zachování vlákenné pevnosti | | P _{1be} (cN/ 1element) | poměr | | |
|--------------------------------------|-----------|---------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|--|--|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| | | | | | | | | smyčka P' _{loop} /P _b (%) | uzel P _k /P _b (%) | | P _{1be} /P _b | P _{1be} /P _k | P _{1be} /P' _{loop} |
| 59 SVM | 14,3x2x2 | 60,2 | 10953 | 5,1 | 10150 | 2,6 | 4392 | 46,3 | 40,1 | 5260 | 0,48 | 1,2 | 1,518 |
| 118 SVM | 58,8x1x2 | 119 | 17615 | 4,3 | 16210 | 2,5 | - | 46 | - | 7490 | 0,425 | - | 0,462 |
| 60 Rusar | 29,4x1x2 | 60,4 | 15852 | 4,8 | 14300 | 2,7 | - | 45,1 | - | 7040 | 0,444 | - | 0,492 |
| 55 SVM-LB | 27,7x2 | 54,4 | 6224 | 6,6 | 6237 | 4 | 3280 | 50,1 | 52,7 | 3640 | 0,584 | 1,11 | 0,583 |
| 66 SVM-LA | 22,2x2 | 61,7 | 8278 | 6,2 | 8370 | 4,3 | 4730 | 50,5 | 52,8 | 5600 | 0,676 | 1,18 | 0,669 |
| 44 SVM-LA | 22,2x3 | 40 | 5324 | 5,7 | 5010 | 3,3 | 2490 | 47 | 49,7 | 3450 | 0,648 | 1,38 | 0,688 |
| 60tvrash | 29,0x2 | 58,1 | 4730 | 4,9 | 6290 | 3,6 | 2694 | 66,4 | 56 | 2850 | 0,602 | 1,08 | 0,45 |
| 60PP | 10x2x3 | 65,75 | 3350 | 27,6 | 5783 | 21 | - | 86,3 | - | 3430 | 1,023 | - | 0,598 |
| 68PP | 33,3x1x2 | 73,1 | 4250 | 25,2 | 6525 | 14,5 | - | 76,7 | - | - | - | - | - |
| 86PPL-A | 35x3 | 85,25 | 2958 | 20,7 | 542 | 19,4 | - | 88,6 | - | - | - | - | - |
| 55LL | 16,7x3 | 53,6 | 2361 | 21,4 | 3128 | 18,3 | - | 86,3 | - | 2230 | 0,944 | - | 0,712 |
| 57LL | 27,7x3 | 60,8 | 3180 | 14,6 | 4242 | 11,3 | - | 66,7 | - | 2210 | 0,694 | - | 0,523 |
| 65LX Komerční č. 30, bavlna | 21x5x3 | 67,75 | 2463 | 15,7 | 3505 | 11,6 | - | 71,1 | - | 2230 | 0,966 | - | 0,636 |
| | 21x | 64,75 | 1425 | 7,3 | 2503 | 6,5 | - | 87,8 | - | 1600 | 1,122 | - | 0,639 |
| 70LL | 21x3 | 67 | 2956 | 22,6 | 4205 | - | - | 71,2 | - | 2700 | 0,913 | - | 0,642 |

Na základě hodnot uvedených v tabulce vyplývá, že pevnost nitě v provázání stehu je mnohem nižší než pevnost samotné smyčky. (asi 1,5 až 2 krát). To může být způsobeno metodou zkoumání P_{1be} , která testuje přímo samotné vlákno ve švu a proto se deformace odráží v největší možné míře. Naproti tomu je potřeba brát i v úvahu několik situací, které vlákno oslabují. Uvedeny jsou dva nejdůležitější.

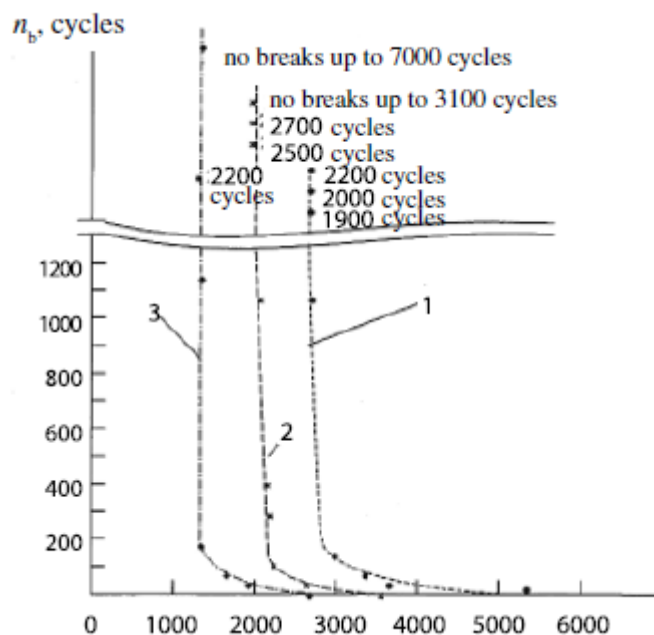
Faktory mechanického opotřebení při šití

Nerovnoměrnost zatížení mezi stehy. Volnost a klouzání konstantních míst vlákna v provázání způsobující asymetrické zatížení nosných prvků.

Aby se zvýšila přesnost určení P_{1be} bylo potřeba vytvořit podmínky, kdy se zlomí pouze vlákno nitě, nikoli vlákno tkaniny a také vyloučit vlivy faktorů jako je surovina, tloušťka, pevnost v tahu, tažnost, atd.

Při vlastní zkoušce byly do výsledků zahrnuty jen ty testy, kdy došlo k rozpadu švu vlivem přetržení samotného vlákna ve švu.

Opakované zatížení tahem, které mělo menší než mezní hodnoty, může způsobit přetržení švu. K posouzení trvanlivosti byl použit odpor ve švech, přičemž proces postupného zničení byl použit k charakterizaci únavy. K vyhodnocení trvanlivosti bylo využito únavových křivek. (Obr 17)



Obr 17. trvanlivost n_b nití při cyklickém zatížení [5]

Únavová mez v P_{1be} je důležitý index, určitého přijatelného cyklického zatížení. Při zatížení je tato mez vysoká a blíží se k 65 – 90%. Křivka pak dále pokračuje podél úsečky po zanedbatelném počtu cyklů. (10 – 200) To znamená, že vlákno dosáhne své meze pevnosti již po malém počtu cyklů.

Na základě únavových limit švů v cyklickém tahovém namáhání, byly zjištěny následující oblasti:

- přijatelné (doporučené) zatížení;
- podmíněné přijatelné namáhání;
- nepřijatelné (nebezpečné) zatížení, působící cyklicky během používání předmětu.

Zatížení, která nepřesahují mez únavy, by měla být považována za přijatelné doporučené zatížení. Toto zatížení by nemělo způsobovat prasknutí švů až do 35 % zatížení na mezi pevnosti. Tedy je potřeba pro šití vybírat takovou nit, jejíž mez

pevnosti třikrát převyšuje cyklicky používanou sílu. Na těchto základech byly informace uvedené v normě GOST R 53019-2008 týkající se kvality vláken ve švech ve statickém a dynamickém zatížení s ohledem na celý sortiment nití.

Podle autorů nová národní norma GOST R 53019-2008 nemá nahradit jiné normy pro šicí nitě (GHOST 6309 do 93 a GHOST 39226 do 93) ale má s nimi být v souladu a doplňovat specifikace pro nový sortiment vláken.

[5]

2.5. Zhodnocení rešerše

Z nalezených a vybraných článků se zadaným tématem nejvíce zabýval článek, zde uvedený jako druhý v pořadí a sice „Snížení pevnosti a poškození vlákna během vysokorychlostního šití na průmyslových šicích strojích.“

Tento článek, nejenže se zabývá vlastní problematikou poškození vláken během šití ale i rozebírá vlastní poškození a zjišťuje, proč k tomuto poškození došlo.

Velice blízko danému tématu se přibližuje i článek uvedený hned v úvodu rešeršní části „Studie změny tahových vlastností šicích nití různých šicích fází.“

Zde autoři podrobně rozebírají celý proces tvorby stehu a zjišťují, která jeho část nejvíce poškozuje nitě. Zároveň i uvažují, proč se tomu tak děje a dávají do souvislosti i vlastní strukturální vlastnosti nití.

3. Příprava pro experimentální část

Tato práce se bude zaměřovat na problematiku měření dynamického namáhání nití během procesu šití. Bude se tedy snažit nalézt řešení jak co nejefektivněji změřit síly působící na šicí nit v procesu šití. Jelikož však všechny předchozí metody pro měření namáhání nití během šití znamenaly zasažení jistým způsobem do procesu, povětšinou čidlem či dotykovým senzorem, existovalo stále určité riziko nesprávnosti naměřených hodnot.

Tato práce se pokusí dynamické namáhání zachytit pomocí vysokorychlostní kamery. Na základě posouzení dráhy, kterou daný usek nití urazí za určitý čas, vyjádřit sílu, která na danou nit působí v průběhu šití.

3.1. Šicí nitě

Šicí nitě jsou definovány jako příze vhodné k šití. Aby daný spojovací proces byl optimální, musí mít nit nejprve určité vlastnosti a splňovat potřebná kritéria. Ta se odvíjí od konkrétních potřeb, daných druhem stehu, šitým materiálem, parametry šicího stroje apod.

[6]

3.1.1. Namáhání šicích nití

Během šití i po něm je nit mnohokrát vystavena různým druhům namáhání. Tato namáhání jsou buď statického, nebo dynamického charakteru. Během statického namáhání je nit zatěžována konstantní, nebo pozvolna se měnící silou. Při dynamickém, se síla určitým způsobem dynamicky mění. Právě tomuto namáhání je nit nejčastěji vystavena během šicího procesu. A právě tomuto namáhání je v této práci věnováno nejvíce pozornosti.

Zároveň většina namáhání nití, během šití je cyklická. Tedy dochází k pravidelnému nárůstu a poklesu napětí v šicí niti, kdy se mezi jednotlivými výkyvy nacházejí určité prodlevy. Jednotlivé nárůsty mohou nabývat buď konstantních hodnot, nebo

exponenciálně narůstají v závislosti na daném procesu až do přetržení nitě, nebo zastavení procesu.

Aby bylo zajištěno hladké a plynulé šití, kdy dané síly nenabývají pro konkrétní nit kritických hodnot, musí být známé vlastnosti ovlivňované v určitou chvíli onou silou.

Vlastnosti šicích nití, které jsou velmi důležité při tvorbě stehu, se v základu dají rozdělit na vlastnosti mechanické a termické.

Mechanické vlastnosti - odolnost v oděru a otěru

- odolnost v ohybu

- tažnost

Termické vlastnosti – styk s jehlou

– styk s chapačem

– tření o procesní části stroje

Výše uvedené vlastnosti v souboru určují šicí schopnost nitě, což je schopnost bezporuchově vytvářet steh. Tato vlastnost je stanovena počtem přetrhů nitě na stanovenou délku ušitého stehu.

[6]

Další namáhání, kterému je nit vystavena během procesu šití je rázové namáhání. Jedná se o dynamické namáhání. Je to síla, která působí na nit v určitém okamžiku plnou silou, která téměř okamžitě ustupuje.

3.1.2. Testovaná nit

Pro účely testování v této práci byly použity běžné polyesterové šicí nitě Belfil S120, kde výrobce uvádí jemnost 14.8x2 tex.

Tato hodnota byla ověřena pomocí laboratorních vah. Byl zvážen určitý úsek, o délce 10m. Získané hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet jemnosti.

$$T[\text{tex}] = \frac{m[\text{g}]}{l[\text{km}]}$$

Tento úsek vážil 0,284g. Ze vzorce tedy byla vypočtena jemnost 28,4 tex.

Daná nit byla nejprve testována na trhačce aby byla zjištěna její pevnost, která by se posléze mohla porovnat s pozdějšími výsledky.

Testování probíhalo de normy ČSN EN ISO 2026.

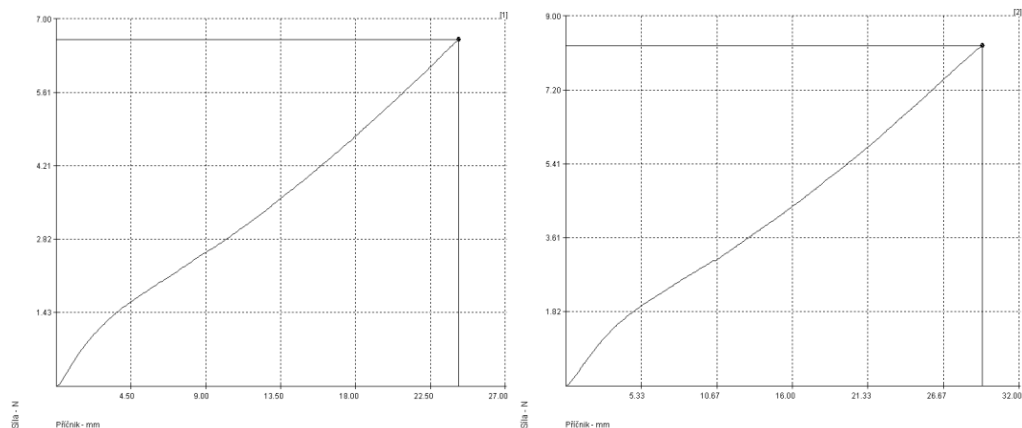
Zkouška spočívá v upnutí nitě do vhodného zařízení, které nit protáhne do takové míry až se nit přetrhne. Norma udává dvě upínací délky 500mm a 250mm.

[7]

Pro tuto práci byla zvolena upínací délka 250mm

Při tomto testování bylo zjištěno, že pro přetržení nitě je zapotřebí síly kolem 7.91N a při tomto přetržení dojde k 13% protažení, tedy tažnost nitě je 13%

Výsledné silové křivky jsou uvedeny v grafech. (Obr 18;Obr 189) Bylo provedeno 12 samostatných měření, ostatní grafy a podrobné výsledky měření jsou uvedeny v Příloha 1.



Obr 18. -19. Tahové křivky z trhačího stroje

3.2. Šicí stroj

Pro experiment byl použit šicí stroj, jednojehlový s uzávěrkovacím stehem s jehelním podáváním, firmy Brother, označení BD2-B772. Šicí stroj je vybaven 1fázovým servomotorem a elektronickým panelem BF-40.

Parametry stroje:

použití: šití středně těžkých materiálů

max. rychlost šití: 5000 ot/min

max. délka stehu: 5 mm

Stroj byl pro účely testování seřízen na délku stehu 2.5 mm.

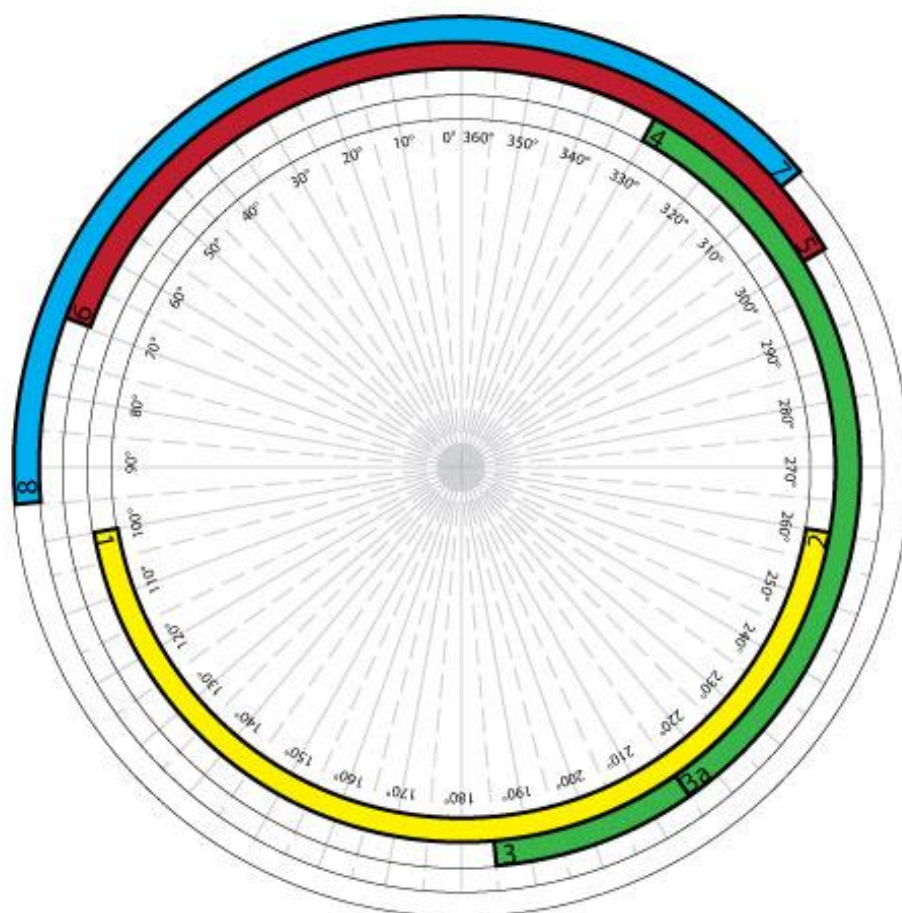
Při vlastním pořizování záznamů, byla využita možnost automatického šití, nastavitelná na elektronickém panelu. Byla tak zajištěna konstantní rychlost otáček.

3.2.1. **Cyklogram**

Cyklogram je grafické znázornění součinnosti jednotlivých ústrojí šicího stroje. Byl vytvořen pro již zmíněný šicí stroj na kterém byl vytvářen experiment. Tento cyklogram bude v pozdějších fázích vyhodnocování sloužit pro přesné určení jednotlivých fází stehu.

[10]

Na obrázku 20 jsou přesně popsány jednotlivá označení cyklogramu. Jelikož se tato práce zabývá analýzou pouze horní nitě, budou nás zajímat především první tři činnosti mechanismů cyklogramu, přestože jsou zde, i v další části práce uvedeny všechny čtyři mechanismy.



- Činnost jehelního mechanismu** Začátek činnosti mechanismu **bod 1**
 Jehla se pohybuje z horní úvrti, v okamžiku, kdy se hrot jehly při jejím pohybu směrem dolů dotkne díla (bod 1)
 Konec činnosti mechanismu **bod 2** V okamžiku, kdy hrot jehly opouští dílo, to znamená, že se hrot jehly dostává do úrovně stehové desky (bod 2)
- Činnost stehotvorného mechanismu** Začátek činnosti mechanismu **bod 3**
 V okamžiku, kdy je tvořena optimální smyčka (bod 3)
 Dále je důležitý úhel, o který se pootočí hlavní hřídel v okamžiku zachycení smyčky hrotem chapače (**bod 3a**), zde dochází k rázu, který zvyšuje napětí nitě.
 Konec činnosti mechanismu **bod 4**
 V okamžiku, kdy se smyčka chapačem natolik uvolní, že může být stažena nitovým mechanismem z chapače (bod 4)
- Činnost nitového mechanismu** Začátek činnosti mechanismu **bod 5**
 V okamžiku, kdy začíná zdvih nitové páky (nitová páka se začíná pohybovat vzhůru (bod 5).
 Konec činnosti mechanismu **bod 6**
 V okamžiku, kdy je dokončen zdvih nitové páky (bod 6)
 (steh je dotažen a je připravena zásoba nitě k vytvoření příštího stehu)
- Činnost podávacího mechanismu** Začátek činnosti mechanismu **bod 7**
 V okamžiku, kdy zoubky podavače vystupují nad stehovou desku začíná podávání šitého díla (bod 7)
 Konec činnosti mechanismu **bod 8**
 V okamžiku, kdy zoubky podavače klesly pod stehovou desku končí podávání šitého díla (bod 8),

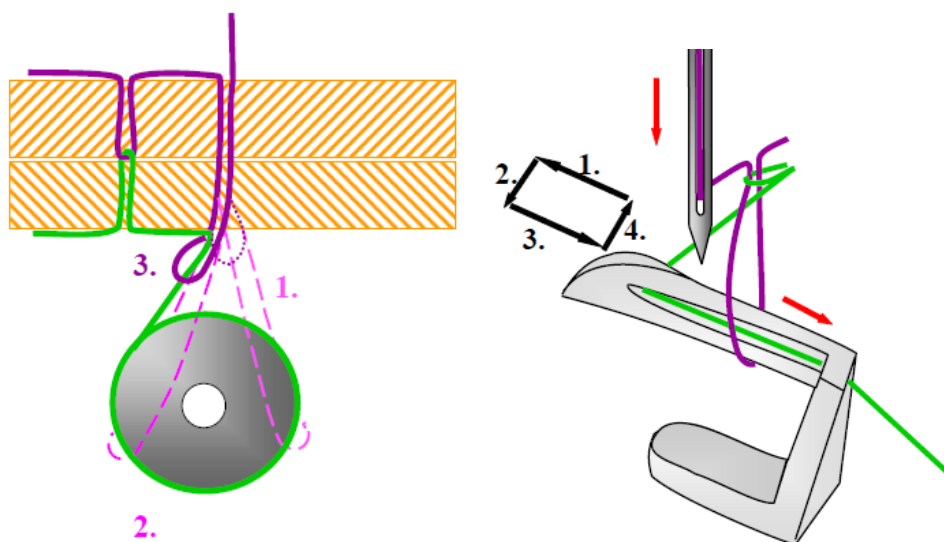
Obr 20. Cyklogram pro šicí stroj brother

3.2.2. Tvorba stehu

Převážná většina strojových stehů je tvořena jehlou, která vytváří smyčku pod pracovní deskou a ta je dále zachycena hrotem chapače nebo smyčkovače. Při tvorbě každého stehu, prochází horní nit soustavou mechanismů. Obecně se dají tyto jednotlivé úseky označit jako vodící ústrojí a ústrojí vlastní tvorby stehu.

[8]

U vázaného stehu je to tedy soustava vodících oček a brzdíček, do níž je zahrnut i niťový táhlík, a očko jehly s hrotem chapače. U řetízkového stehu je tomu podobné, jen místo chapače je smyčka zachycena smyčkovačem. Na obrázcích 21 a 22 jsou znázorněny rozdíly mezi tvorbou stehu vázaného a řetízkového.



Obr 21. Schéma tvorby vázaného stehu 300 [8]

Obr 22. Schéma tvorby řetízkového stehu 400 [8]

Zároveň toto místo tvorby stehu je místo, kde je nit nejvíce namáhána, především proto že zde dochází k největšímu tření, hlavně v očku jehly. Třecí síly však nejsou hlavním předmětem zkoumání této práce. Z hlediska tvorby stehu, nás zajímá jakou silou

stahuje dané ústrojí nit pod stehovou desku a jak tato síla kooperuje s ostatními ústrojími.

3.3. Vysokorychlostní kamera OLYMPUS i-speed 3

Jedná se o digitální vysokorychlostní kameru, která je schopná zachytit velmi rychlé děje, rychlostí až několik desítek tisíc snímků za sekundu. Vytvořila ji japonská společnost OLYMPUS optical Co. Ltd v Tokiu. (Obr 23)



Obr 23. Vysokorychlostní kamera Olympus i-speed 3 [9]

Kamera je schopna při zachování maximálního rozlišení obrazu 1280x1024, snímat frekvencí 2000 fps. Tato kamera umožňuje i vyšší frekvenci zachycení snímků až 150 000 fps. S rostoucí snímkovací frekvencí se však zmenšuje rozlišení výsledného záznamu, stejně jako se zkracuje délka zachyceného videa. Je proto důležité zvolit vhodné vyvážení počtu zachycení snímků s odpovídajícím rozlišením tak aby si záznam zachoval dostatečnou kvalitu potřebnou pro další zpracování.

[9]

Se zvyšujícím se počtem snímků za vteřinu, je také nutno počítat se značným ztmavením zachyceného obrazu. To je dáno snižováním doby expozice každého snímku. Je zde proto nutnost dalšího osvětlení.

Firma Olympus dodává výkonné svítilny od velkých 1000W lamp po bodové diody, poskytující dostatek světla i pro záznamy s velmi krátkou expozicí. (Obr 24)

[9]



Obr 24. Zdroje světla firmy Olympus [9]

Zachycená videa je možné přenášet a uchovávat pomocí paměťových karet, je však i možné kameru připojit kabelem přímo k počítači nebo k síti. Společně s kamerou je i dodáván software pro zpracování vysokorychlostních videí i-speed, jelikož kamera sama o sobě neukládá v běžném video-formátu. Tento program umožňuje prohlížení, konverzi a práci s videi a především analýzu, která je hlavním předmětem studie této práce.

4. Experimentální část

Jak bylo výše naznačeno, vlastní experimentální část této práce spočívala v zachycení šicího procesu pomocí výše zmíněné vysokorychlostní kamery SPEED-i3.

Hlavním úkolem experimentu bylo zjistit sílu působící na nit během procesu šití. Je proto potřeba si pro začátek ujasnit pár jednoduchých matematických vztahů.

Sílu je možné vypočítat z jednoduchého vztahu:

$$F[N] = a[m \cdot s^{-2}] \cdot m[kg]$$

Hmotnost jsem zjistili ze zjišťování jemnosti niti.

Zrychlení můžeme vyjádřit jako derivaci rychlosti podle času, tedy:

$$a[m \cdot s^{-2}] = \frac{dv[m \cdot s^{-1}]}{dt[s]}$$

Rychlost udává dráhu neboli vzdálenost, kterou objekt urazí za jednotku času.

$$v[m \cdot s^{-1}] = \frac{s[m]}{t[s]}$$

A stejně jako je zrychlení derivací rychlosti tak rychlost je derivací dráhy.

4.1. Experiment 1

Pro tuto počáteční část experimentu byly pro vyhodnocení a analýzu, pořízeny tři záběry, snímající šicí stroj v chodu. Na záběrech je vždy stroj šijící různou rychlostí s různým počtem otáček. Počet otáček byl v této části experimentu nastavován manuálně přímo na servomotoru a zjištěn pomocí otáčkoměru přiloženému k hlavnímu hřídeli.

Jednalo se o otáčkoměr HHT11-R

Byly tak zachyceny 3 různé rychlosti. Nejpomalejší chod stroje, střední rychlost a nejvyšší možná rychlost.

Další analýzy tedy byly vyhotovovány pro rychlost:

- 73 ot/min
- 1875 ot/min
- 3225 ot/min

Pro tyto otáčky byly zvoleny rychlosti snímání 100 fps, 500 fps a 750 fps. Na následujících obrázcích jsou snímky vystřižené z jednotlivých videí. (Obr 25 - 27) Celá videa jsou součástí přílohy Příloha2.1.

Hlava stroje byla snímána z lehce odkloněného úhlu, aby bylo zachyceno celé horní stehotvorné ústrojí, tedy i pohyb řítového táhlíku.

V této části experimentu, bylo použito pouze základního osvětlení.



Obr 25. Video 73 ot/min o rychlosti 100fps



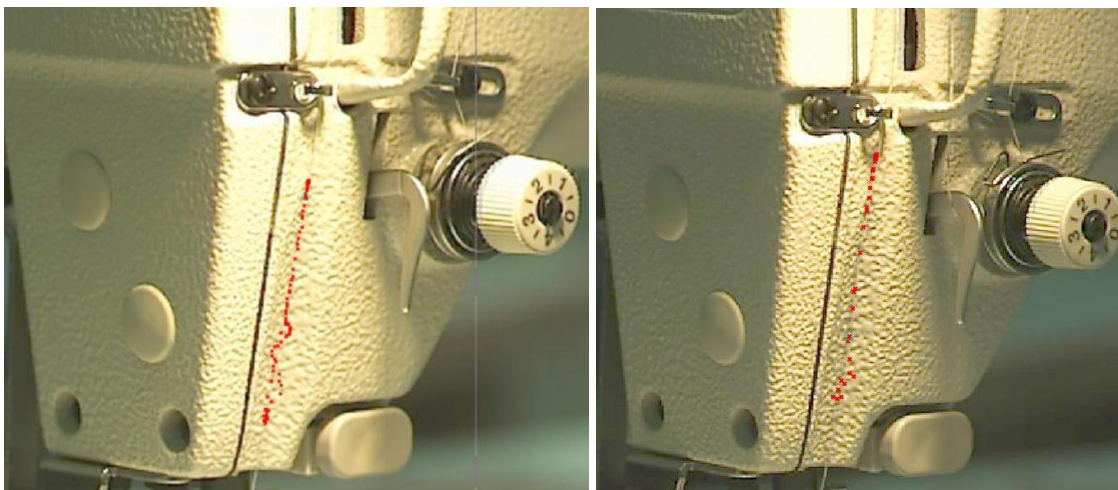
Obr 26. Video 1875 ot/min o rychlosti 500fps



Obr 27. Video 3225 ot/min o rychlosti 750 fps

Jak je na snímcích patrné, se zvyšující se rychlostí snímání frekvence, značně klesá i osvit. V tuto chvíli, bylo toto odstraněno gamakorekcí obrazu.

Videa byla vyhodnocena v programu i-speed. Pro každé video bylo pro lepší přesnost a kontrolu vyhotoveno několik analýz, vždy v různém časovém místě. Vlastní analýza v programu je prováděna tak, že sledovaná nit byla vždy po 1 cm označena a tyto body pak byly sledovány po jednotlivých snímcích a označovány v programu. Na následujících obrázcích jsou vidět příklady vlastního bodování [Obr 28-29].



Obr 28. Obodování niti ve videozáznamu 100fps pro rychlost stroje 73 ot/min

Obr 29. Obodování niti ve videozáznamu 500fps pro rychlost stroje 1875 ot/min

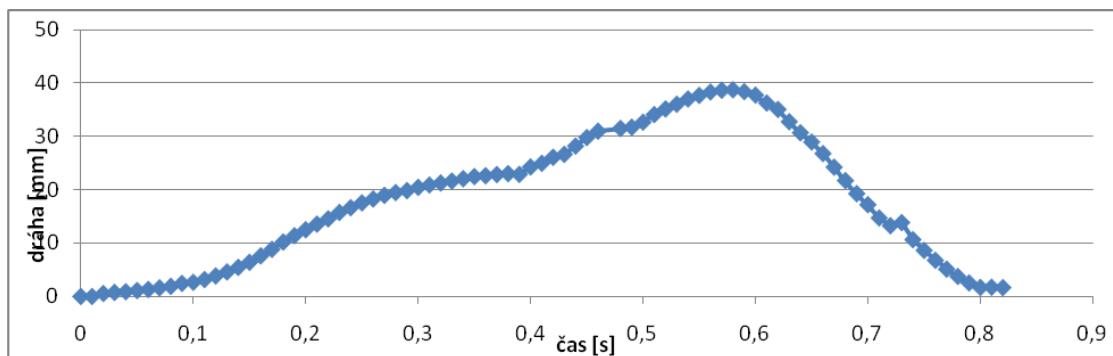
4.1.1. vyhodnocení experimentu 1

Výstupem z analýzy v i-speed byla tabulka obsahující souřadnice každého bodu v každém označeném snímku, vzdálenost mezi jednotlivými body a rychlost, kterou se měl daný bod pohybovat mezi jednotlivými snímky.

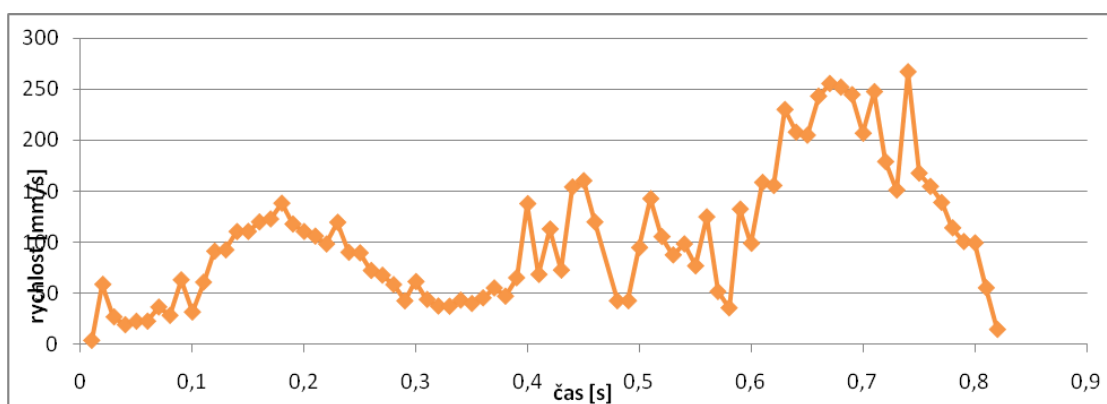
Tabulky s výstupními hodnotami jsou uvedeny v Příloha3.1

Tyto hodnoty by měly při správnosti měření, po vložení do grafu vytvořit křivku, která znázorňuje rychlost jednoho označeného bodu na niti, během jedné otáčky hlavního hřídele, tedy během jednoho stehu. Následující grafy znázorňují tuto dráhu a rychlost pro zprůměrované hodnoty všech měřených analýz, vždy pro každou měřenou rychlost stroje. (Obr 30-35)

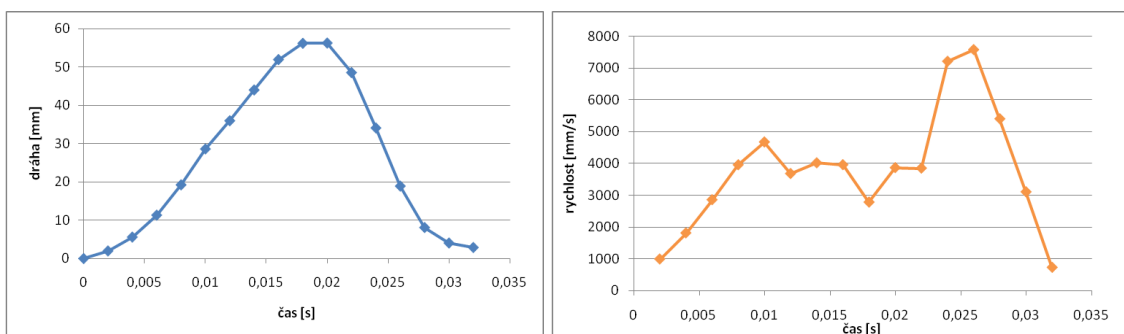
Tabulky se zpracovanými daty, statistiky a grafy jsou obsaženy v Příloha3.2



Obr 30. Graf dráhy pro 73 ot/min

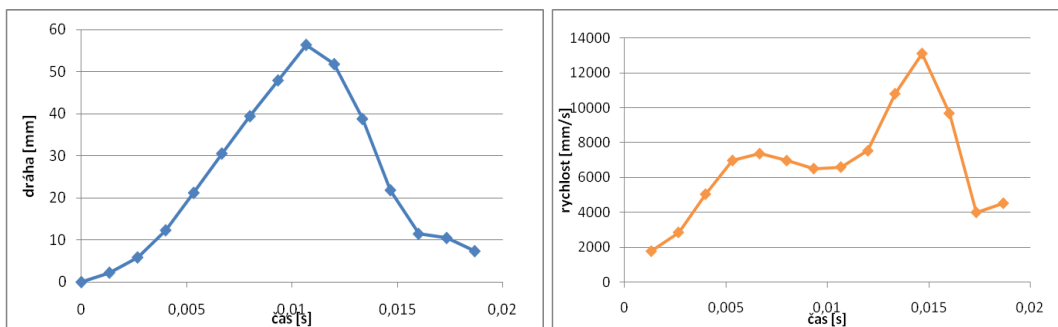


Obr 31. Graf rychlosti pro 73 ot/min



Obr 32. Graf dráhy pro 1875 ot/min

Obr 33. Graf rychlosti pro 1875 ot/min



Obr 34. Graf dráhy pro 3225 ot/min

Obr 35. Graf rychlosti pro 3225 ot/min

Jak je z grafů vidět, během měření se vyskytlo mnoho nepřesností. Křivka dráhy sice odpovídá pohybu nití, avšak zejména při rychlosti 73 ot/min jsou patrné odchylky. V dalších analýzách pak graf dráhy stoupá příliš rovnoměrně a je zde patrné nebezpečí, že samotná analýza byla, díky špatnému záznamu, spíše odhadem než skutečným měřením.

Na grafech je též vidět, jak se, se zvyšující rychlostí zkracuje doba dráhy a tím klesá počet měření. Tím pádem je v prvním měření příliš mnoho dat a následná derivace je rozházená a nesourodá. Kdyžto u dalších měření rychlost už vlivem menšího objemu dat vypadá rozumějí, avšak samotná dráha neodpovídá skutečné dráze jako je tomu u prvního měření, kde dráha i přes zřetelné chyby, při srovnání s cyklogramem, vykazuje vliv jednotlivých stehotvorných ústrojích.

4.1.2. zhodnocení experimentu 1

Data byla několikrát přepočítávána a přezkoumávána. S nadějí zdárnějšího výsledku, byly zavrženy hodnoty rychlosti získané pomocí vysokorychlostní kamery, a tato rychlost byla početně získávána z pozice bodu a času. Avšak jak bylo zmíněno, dráha ani jednoho měření, není dostatečně správná na to, aby se dalo předpokládat, že další práce s těmito daty by mohla být správná. Hodnoty tak rychlosti stoupají a kolísají prakticky bod od bodu. Pokud by skutečně stroj měl šít takovouto rychlostí, pak by rozhodně nepracoval plynule a rovnoměrně.

Po zhodnocení možností a přezkoumání celého postupu měření, bylo dosaženo závěru, že zásadní chyba byla provedena již v pořizování samotného záznamu. V prve řadě nebyl ani zdaleka využit potenciál vysokorychlostní kamery, která, jak bylo řečeno dokáže snímat až rychlostí 150 000 fps a měřené snímky byly pořizeny se snímací frekvencí pouhých 750 snímků. Je tedy pochopitelné že záznamy, především ve vysokých rychlostech stroje, byly rozmazané a nedokázaly dostatečně zachytit pohyb nití.

V další řadě byl chybný úhel zachycení hlavy stroje. Stroj nebyl zachycován z čelního pohledu, tudíž dráha nitě neprobíhala v kolmém směru. Samotná dráha tak musela být vypočítávána z X-ových a Y-ových souřadnic a tím byla do výpočtu zanesena chyba, která byla posléze znásobena výpočtem rychlosti.

Dalším závěrem tohoto experimentu, byl fakt že je potřeba zauvažovat nad použitým aparátem výpočtu rychlosti, jelikož rychlost, kterou poskytla analýza ze softwaru i-speed je pro účely této práce zjevně nepoužitelná.

4.2. Experiment 2

Nové měření bylo prováděno na stejném šicím stroji, stejnou šicí nití.

Otáčky hlavního hřídele byly tentokrát nastavovány přímo na elektronickém panelu šicího stroje, kdy servomotor byl nastaven na střední hodnotu. Tyto otáčky byly ověřeny otáčkoměrem a je potřeba zde zdůraznit, že při takovémto nastavování otáček, musí být servomotor přesně na střední rychlost, jinak jsou v otáčkách patrné značné odchylky.

Níže jsou uvedeny otáčky nastavené na elektronickém panelu a jako o takových bude pro zjednodušení mluveno v dalších částech práce. V závorce jsou vždy uvedeny otáčky změřené otáčkoměrem a tedy reálné otáčky hlavního hřídele.

Otáčky hlavního hřídele byly tak vždy nastaveny na:

- 1000 ot/min (1042 ot/min)
- 2000 ot/min (2017 ot/min)
- 3000 ot/min (3008 ot/min)

Vlastní snímání videozáznamu bylo prováděno kolmo k hlavě stroje, tedy tak aby pohyb jehelní tyče a posun nitě od nitového táhliku k očku jehly, byl prováděn kolmo k pracovní desce stolu.

Pro detailní zachycení pohybu byla každá rychlost stroje snímána s frekvencí snímání o 5000 fps a 7500 fps. Při tak vysoké rychlosti snímání dochází ke značnému ztmavení záznamu, v tomto případě tak značnému, že obraz je zcela černý. Bylo použito dvou přisvicovacích lamp o výkonu 1000 W a pro detailnější zesvětlení oblasti jehelní tyče, byl stroj přisvícen bodovým osvětlením.

Stejně tak bylo počítáno s tím, že neoptimálnější rozlišení kamery je při 2000 snímcích za vteřinu, pokud se tento počet zvyšuje, klesá tím rozlišení záznamu, Pro zlepšení tohoto záznamu byla manuálně nastavena závěrka na hodnotu 4 a clona pak pomocí panelu na 40 μ s.

Bylo tak pořízeno celkem 6 záznamů. Dva pro každou rychlost otáček o rychlosti snímání 5000 fps a 7500 fps.(Obr.36-41)



Obr 36. Snímek ze záznamu o rychlosti 5000 fps pro 1000ot/min



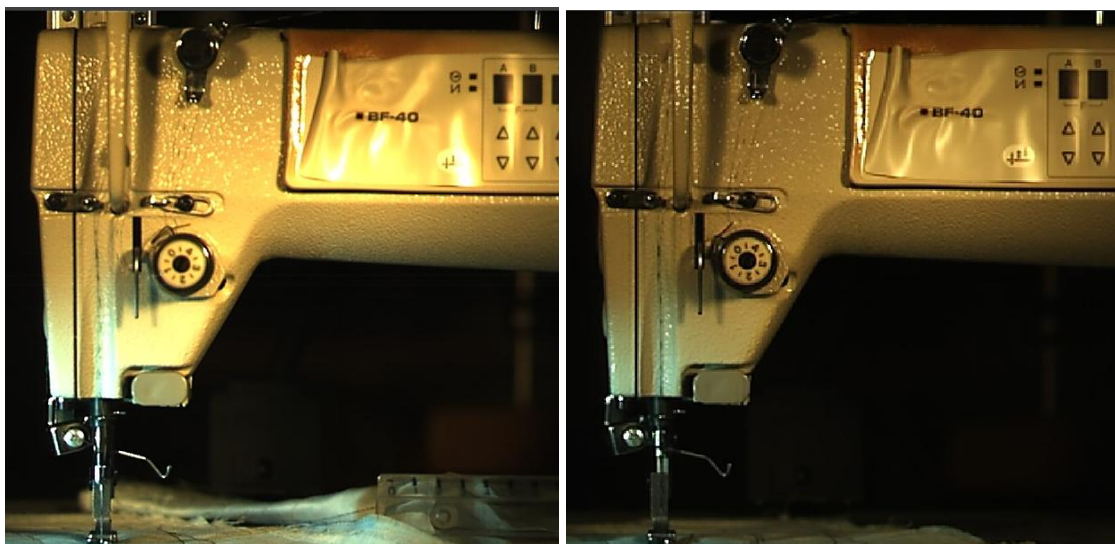
Obr 37. Snímek ze záznamu o rychlosti 7500 fps pro 1000ot/min



Obr 38. Snímek ze záznamu o rychlosti 5000 fps pro 2000ot/min



Obr 39. Snímek ze záznamu o rychlosti 7500 fps pro 2000ot/min



Obr 40. Snímek ze záznamu o rychlosti 5000 fps pro 3000ot/min

Obr 41. Snímek ze záznamu o rychlosti 7500 fps pro 3000ot/min

I zde je patrné určité ztmavení obrazu. Po podrobnějším prozkoumání všech záznamů, však byly pro další analýzu zvoleny záznamy o snímkovací frekvenci 7500 fps. To proto, že záznam jako takový byl sice v obou záznamech dostatečně ostrý, ale při bližším zkoumání záznamu, bylo patrné, jak se při 5000 snímcích za vteřinu jednotlivé sledované body na niti, v nejvyšších rychlostech tvorby stehu rozplývají a obraz je v daném okamžiku vlivem pohybu neostrý. Tento jev sice nebyl při vyšší snímací frekvenci odstraněn, ale byl minimalizován.

Všechna zachycená videa jsou součástí Příloha2.2.

Při vyhotovování analýz, obsahovalo každé měření kvůli velké snímkovací frekvenci až 400 hodnot. (Příloha3.3). Ze zkušeností z experimentu 1, byla data setříděna na přibližně 40 hodnot.

Tyto setříděné hodnoty jsou obsaženy v tabulkách v Příloha3.4

4.2.1. Dráha jehly

Aby mohlo být dosaženo kontroly správnosti měření, byla v každém analyzovaném videozáznamu obodována také dráha jehelní tyče, coby jehly, jelikož jehla samotná po určitou dobu mizí pod stehovou deskou. (Obr.42)



Obr 42. Obodování pohybu jehelní tyče pro získání dráhy jehly. 1000 ot/min

Jelikož pohyb jehelní tyče je přímo odvozen otáčením hlavního hřídele, pohyb jehly by měl mít sinusový průběh. Po obodování a dosazení hodnot do grafu byla opravdu získána křivka nápadně připomínající funkci sinus. Z této křivky, (dále jen naměřená) byly získány hodnoty lokálního minima a maxima a na jejich základě vypočteny hodnoty pro amplitudu, fázi a periodu, které jsou potřebné pro výpočet vlastní sinusoidy.

Výpočet amplitudy:

$$A = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{2}$$

Výpočet periody:

$$P = \frac{2 \cdot \pi}{t_{\max}}$$

Výpočet fáze:

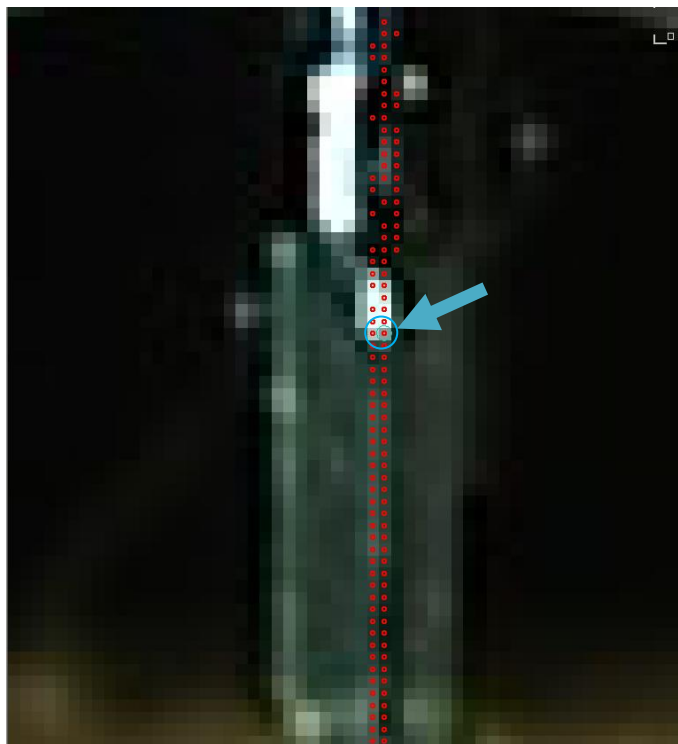
$$f = 2 \cdot \pi - t$$

Výpočet sinusoidy:

$$\sin y = A \cdot \sin(t \cdot P + f)$$

Tyto hodnoty, byly následně korigovány pomocí funkce Microsoft Word – řešitel, který data poupravil tak, aby naměřené hodnoty mohly být přesně proloženy touto novou sinusoidou (dále jen analytická).

Po tomto proložení tak mohla být získána alespoň částečná představa o velikosti odchylky a chyby v měření.(Obr 44-46) Tato chyba pravděpodobně vznikla vstupem lidského faktoru do měření, jelikož vlastní obodování pohybu bylo prováděno manuálně, označením daného pixelu a snížením rozlišení záznamu, vlivem vysoké rychlosti záznamu. (Obr 43)

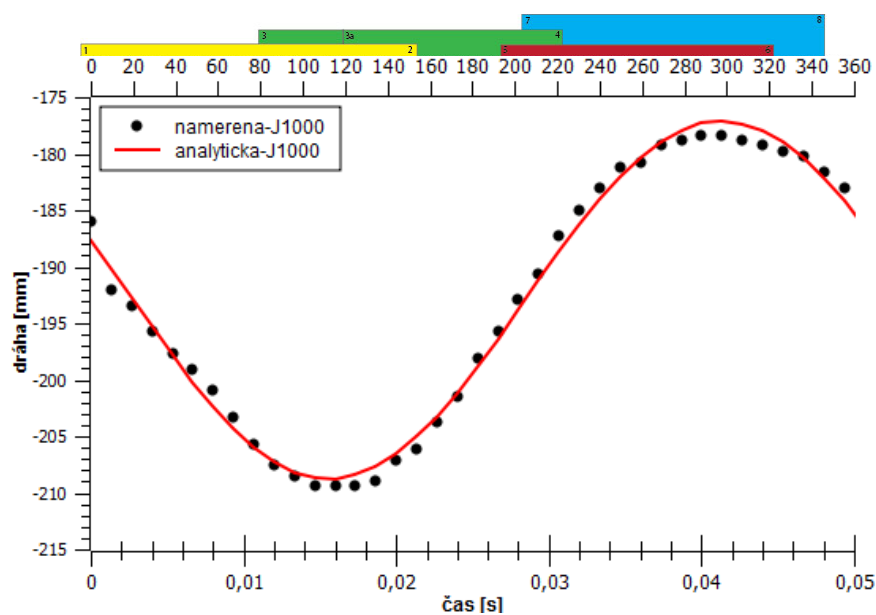


Obr 43. Označení jednoho konkrétního bodu na niti s přiblížením 1000 ot/min

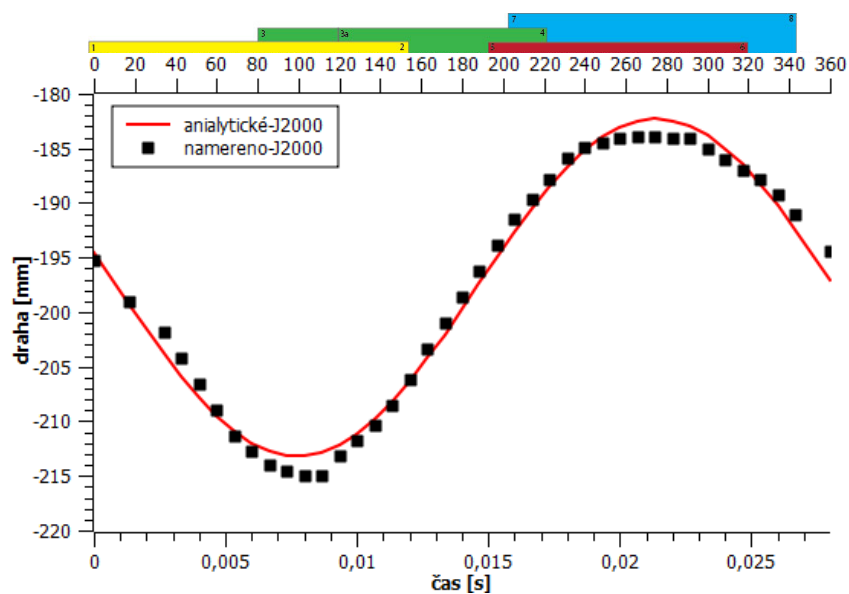
Jednotlivé výpočty sinusoidy, i naměřené hodnoty pohybu jehelní tyče jsou obsaženy v Příloha3.5.²

² Minusové hodnoty, jsou hodnoty převrácené od naměřených, aby grafické znázornění hodnot odpovídalo reálnému pohybu jehly. Tyto hodnoty se od původních liší jen znaménkem, proto již dále není o tomto rozdílu zmiňováno a je s těmito převrácenými hodnotami pracováno jako s naměřenými.

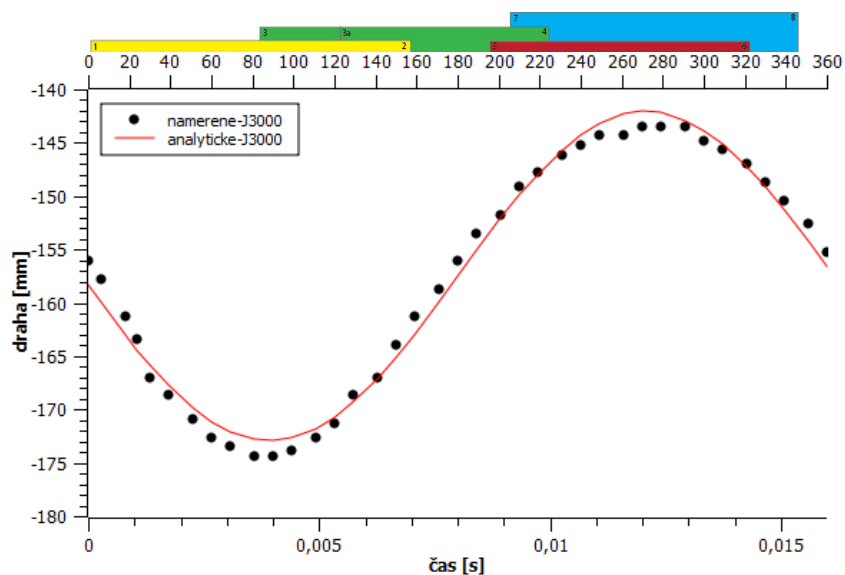
Převážná většina grafů je zpracovávána pomocí volně šiřitelného softwaru SciDAVis, který je přímo určen pro práci s daty a úpravu grafů [11]



Obr 44. Naměřená dráha jehelní tyče, proložená vypočtenou sinusoidou pro 1000 ot/min
(dále J1000)



Obr 45. Naměřená dráha jehelní tyče, proložená vypočtenou sinusoidou pro 2000 ot/min
(dále J2000)



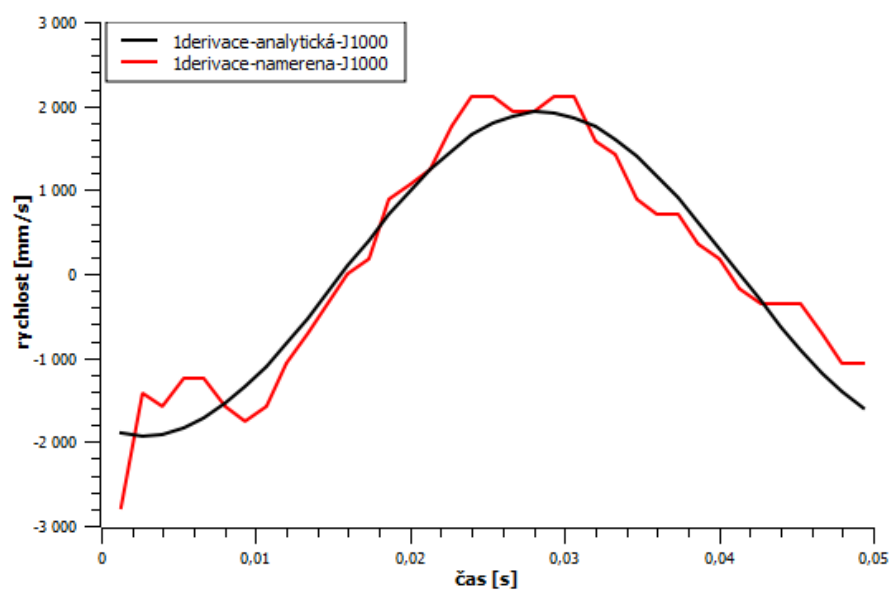
Obr 46. Naměřená dráha jehelní tyče, proložená vypočtenou sinusoidou pro 3000 ot/min
(dále J3000)

4.2.2. rychlost a zrychlení jehly

Nyní, když byl znám rozdíl mezi naměřenými a ideálními hodnotami, mohl být hledán aparát pro získání derivace a tím rychlosti a zrychlení. I zde je znám tvar derivovaného sinu. Úkolem tedy bylo nalézt metodu, jak naměřená data derivovat tak aby se průběh co nejvíce podobal analytickým.

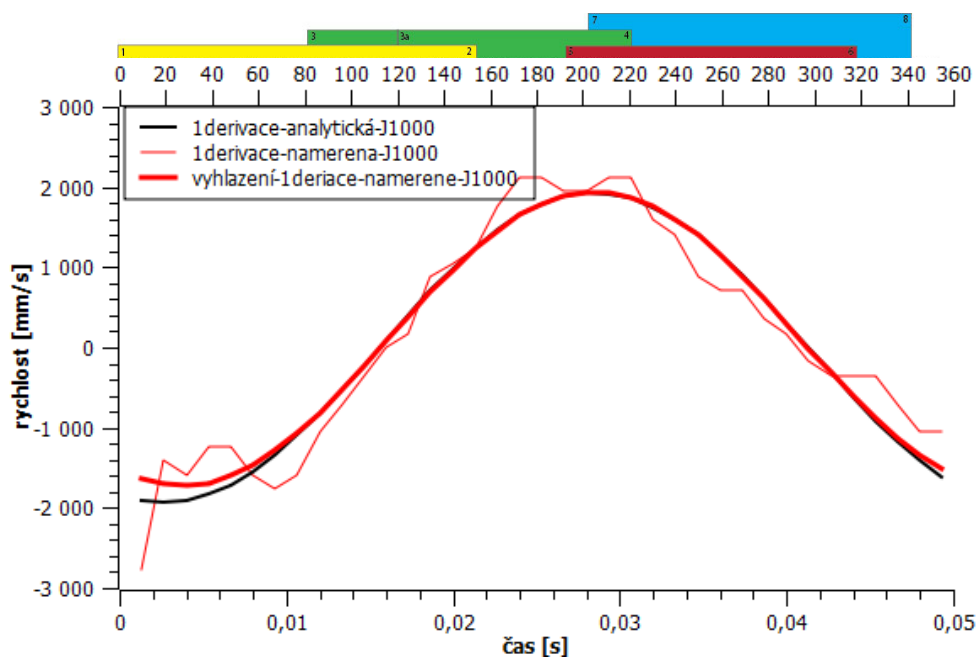
Samotná derivace byla provedena ve zmíněném programu SciDAVis.

Na obr.47 je znázorněna první derivace analytických a naměřených dat bez aplikace jakéhokoli vyhlazovacího nástroje.

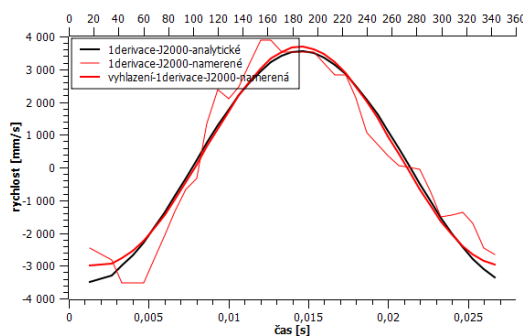


Obr 47. 1derivace pro 1000 ot/min

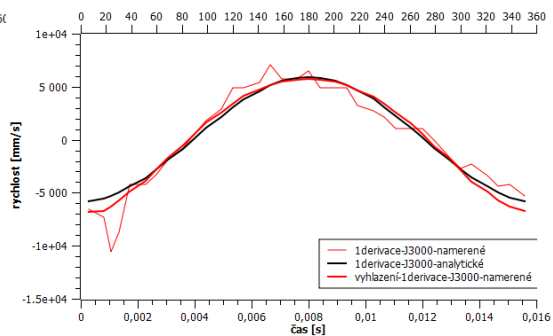
Je vidět že derivace naměřených dat je stále nesourodá, ale díky seřídění dat, je zde zřetelný jistý průběh a přimknutí se k analytické. Na tuto křivku byl tedy aplikován vyhlazovací filtr. Byla tak získána křivka lišící se od analytické jen minimálně. (Obr. 48-50)



Obr 48. Rychlost jehelní tyče pro 1000 ot/min s cyklogramem

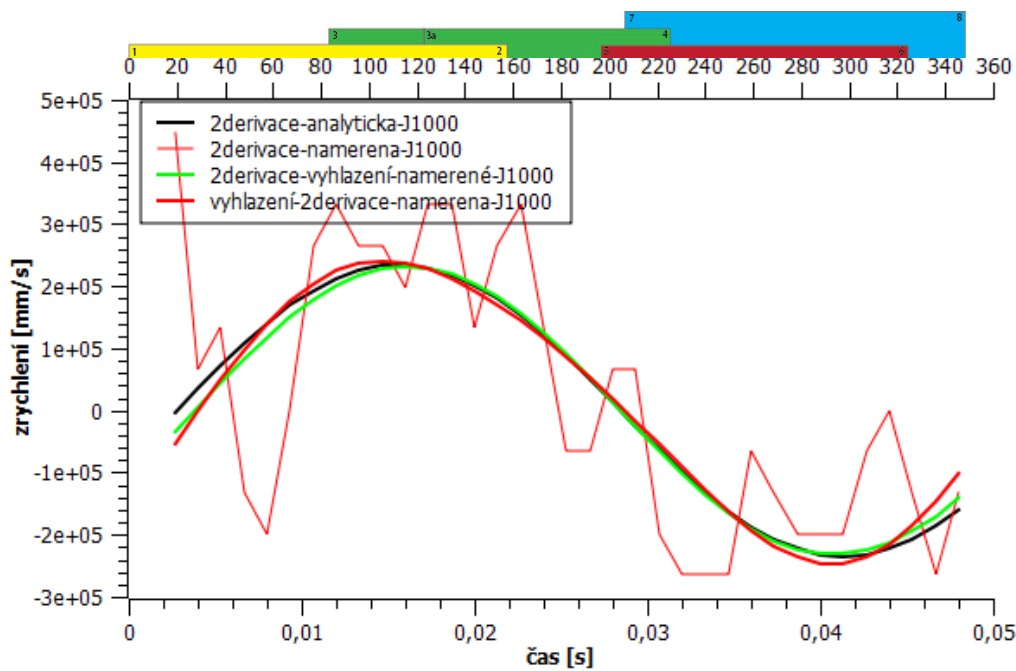


Obr 49. Rychlost jehelní tyče pro 2000 ot/min

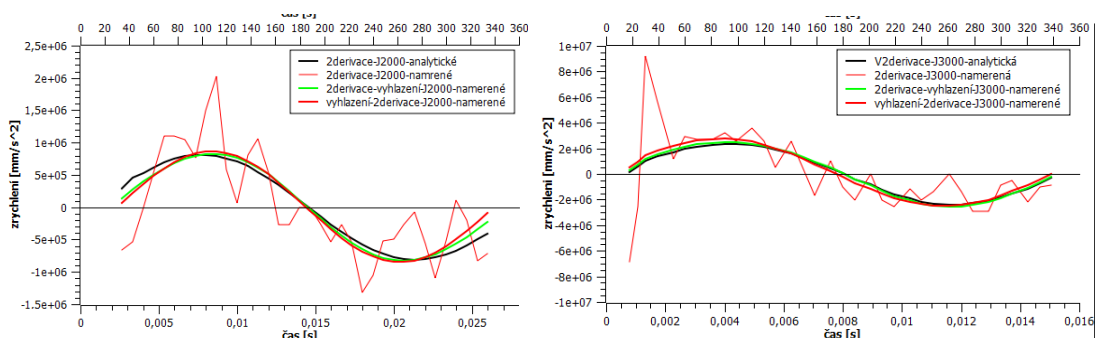


Obr 50. Rychlost jehelní tyče pro 3000 ot/min

Stejný postup byl aplikován i na druhou derivaci (Obr 51-53)



Obr 51. Zrychlení jehelní tyče pro 1000 ot/min s cyklogramem

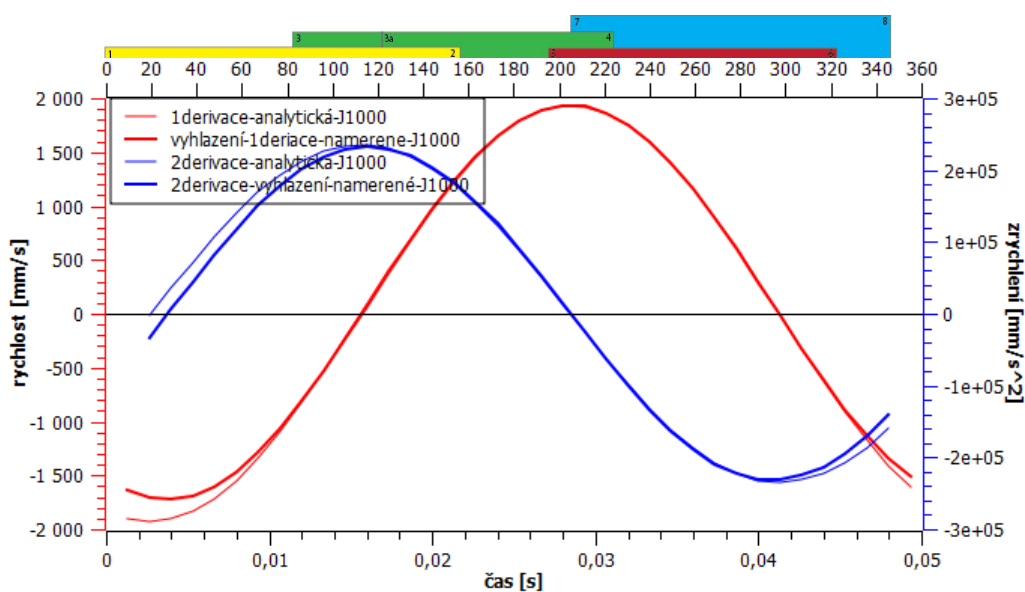


Obr 52. Zrychlení jehelní tyče pro 2000 ot/min

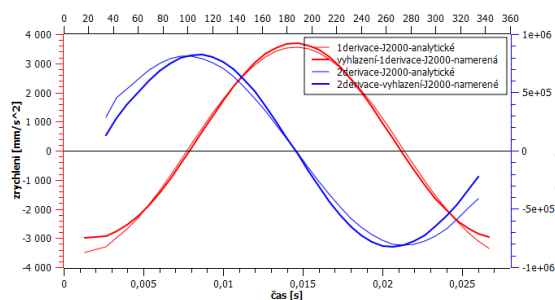
Obr 53. Zrychlení jehelní tyče pro 3000 ot/min

Zde byla základní data dvakrát derivována a naměřená data pak byla vyhlazena. Poté však byla vzata předchozí, již jednou vyhlazená data a ta byla také derivována. Výsledná křivka se zdá být mnohem přesnější, než tam kde je vyhlazení aplikováno až jako poslední. Lze tedy konstatovat, že každá chyba je v každé další fázi práce s daty stále větší. Je tedy zapotřebí tuto chybu minimalizovat v co možná nejranějším stadiu, stejně jako můžeme říci, že byl nalezen způsob jak z naměřené dráhy získat co možná nejpřesnější zrychlení.

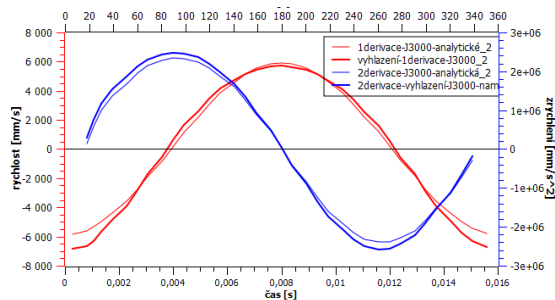
Zde pro srovnání grafy obsahující jak rychlost tak zrychlení (Obr 54-56)



Obr 54. Srovnání rychlosti a zrychlení pro 1000 ot/min s cyklogramem



Obr 55. Srovnání rychlosti a zrychlení pro 2000 ot/min



Obr 56. Srovnání rychlosti a zrychlení pro 3000 ot/min

4.2.3. Chyba měření

Aby bylo zjištěno, jak přesná je tato metoda získání rychlosti a zrychlení je potřeba zjistit chybu, tedy jak moc se od sebe liší data analytická a naměřená.

Tato chyba byla počítána podle vzorce:

$$CH = \frac{y - y_A}{y_A} \cdot 100$$

Všechny následující hodnoty potřebné pro výpočet chyby a výsledky samotné jsou v Příloha3.6

Tabulka 5 znázorňuje chybu měření pro každou rychlost otáček a jak se tato chyba mění v průběhu práce s daty.

tab 5. Chyba měření

| | Dráha | Rychlost | | | | Zrychlení | | | |
|-----------|-------------|------------|-------|--------------|--------------|------------|--------|--------------|--------------|
| | | 1 derivace | | vyhlazeno | | 2 derivace | | vyhlazeno | |
| | | O | X | O | X | O | X | O | X |
| J1000 [%] | 0,46 | 77,56 | 29,16 | 5,63 | 3,47 | 508,85 | 97,33 | 35,46 | 7,67 |
| J2000 [%] | 0,5 | 42,28 | 36,67 | 21,35 | 9,51 | 76,55 | | 15,02 | 12,09 |
| J3000 [%] | 0,69 | 45,5 | 39,66 | 24,6 | 12,28 | 335,23 | 122,35 | 11,04 | 7,85 |

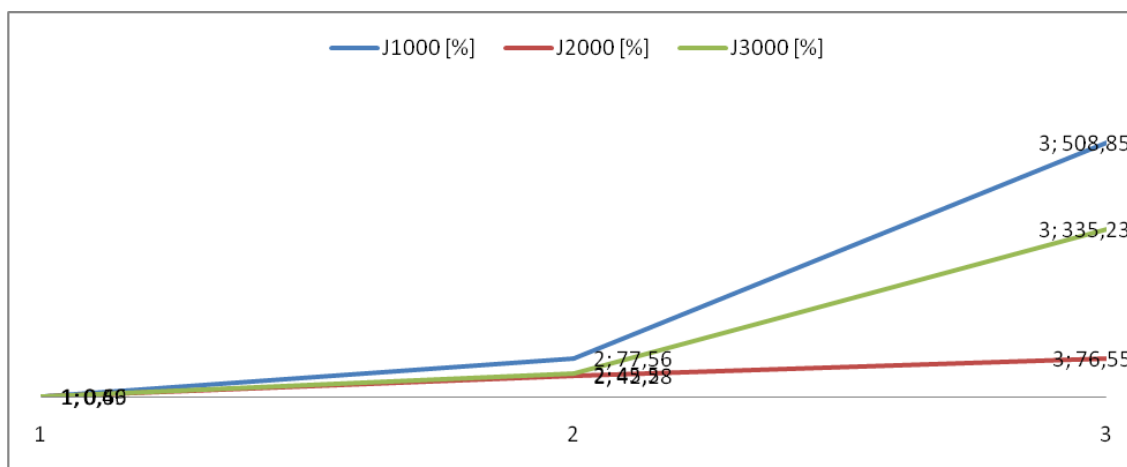
O - všechny hodnoty

X - vyloučeny vybočující hodnoty

Jak je z tabulky patrné, chyba samotného měření je celkem malá. Ve všech třech měřených rychlostech se odchylka měření pohybuje jen kolem 0,5 %. Ovšem ve chvíli, kdy se začne jakýmkoli způsobem pracovat s daty, chyba drasticky narůstá. Je zajímavé, že tento nárůst se nejvíce projeví zejména u nejnižší měřené rychlosti, přestože chyba dráhy je zde nejmenší.

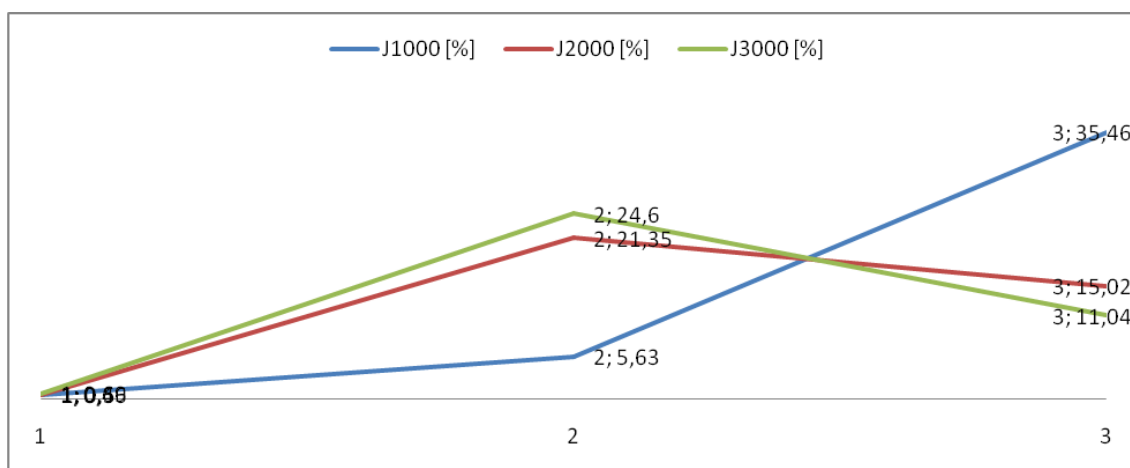
Chyba se podstatně zmenší, pokud se na data aplikuje nástroj pro vyhlazení, ale i zde se největší chyba projeví u nejnižší rychlosti.

Na následujících obrázcích obr 57 a 58 je graficky znázorněna změna chyby. V prvním grafu je vidět, jak u neupravených dat má chyba stále narůstající tendenci, i když při střední rychlosti oráček, je tato tendence velmi malá.



Obr 57. Graf změny chyby v průběhu měření

Při aplikaci vyhlazení tato tendence zůstane jen u zmíněné nejnižší rychlosti. U vyšších rychlostí se tato tendence změní a chyba poklesne.

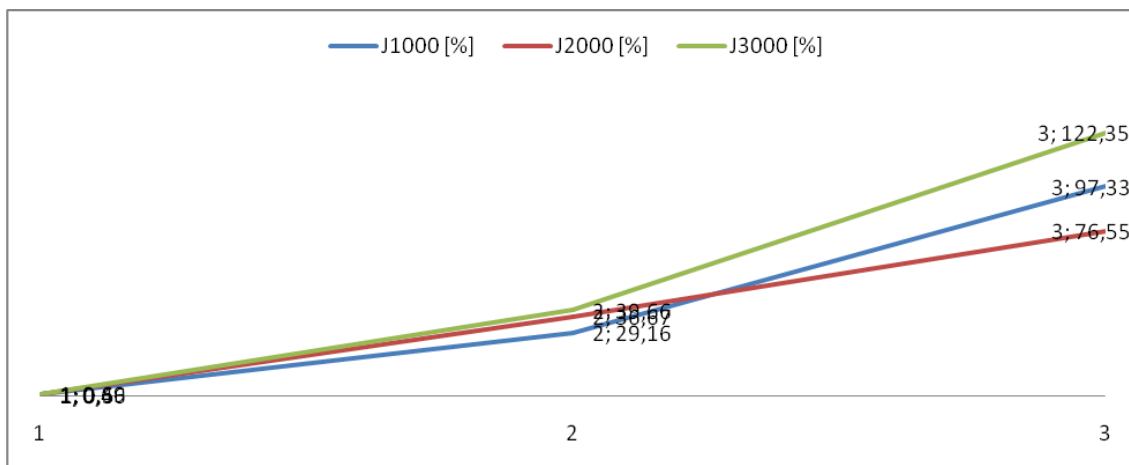


Obr 58. Graf změny chyby v průběhu měření po vyhlazení

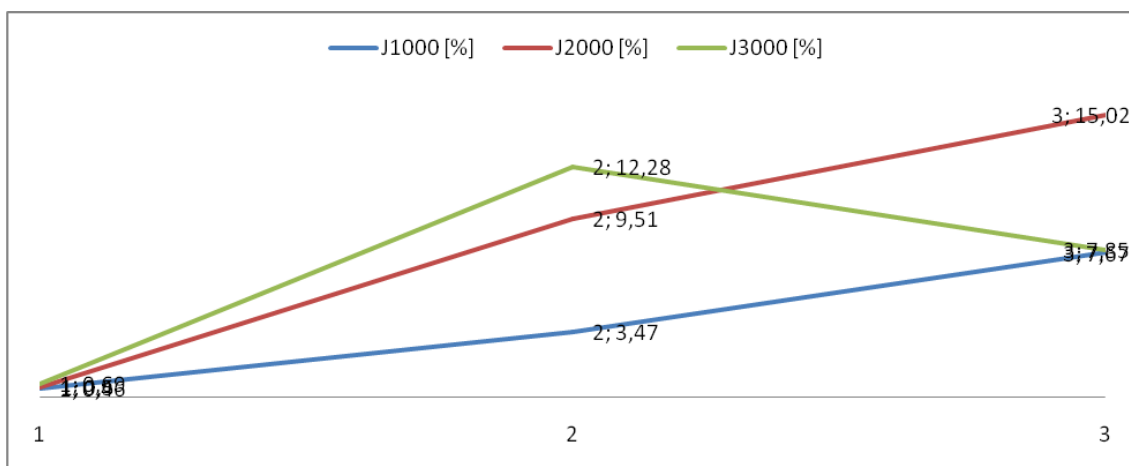
Na základě zjištění této chyby můžeme říci, že tento způsob úpravy dat je relativně spolehlivý v rámci získání 1 derivace, ale celkově je tento aparát nestabilní.

Při prostudování hodnot chyb v jednotlivých bodech, obsažených v Příloha3.6 je patrné, že jednotlivé odchylky nabývají podobných hodnot, ale místy se objeví chyba nabývající výrazně jiných hodnot, a tím se i zásadně mění chyba celková. V předcházející tabulce 5 jsou pro srovnání uvedeno i jak se chyba změní, pokud jsou vyloučena nejdrastičtější vybočující body. Pokud toto uděláme chyba se nám sice zmenší téměř o polovinu, vyjma střední rychlosti, kde jsou jednotlivé chyby celkem vyrovnané. Celková tendence vývoje chyby působí vak stále stejně nevyrovnaně.

Na obrázcích 59 a 60 je jen pro ukázkou znázorněno jak se změní průběh celkové chyby.



Obr 59. Graf změny odchylky v průběhu měření - vyloučené vybočující chyby



Obr 60. Graf změny chyby v průběhu měření po vyhlazení - vyloučené vybočující chyby

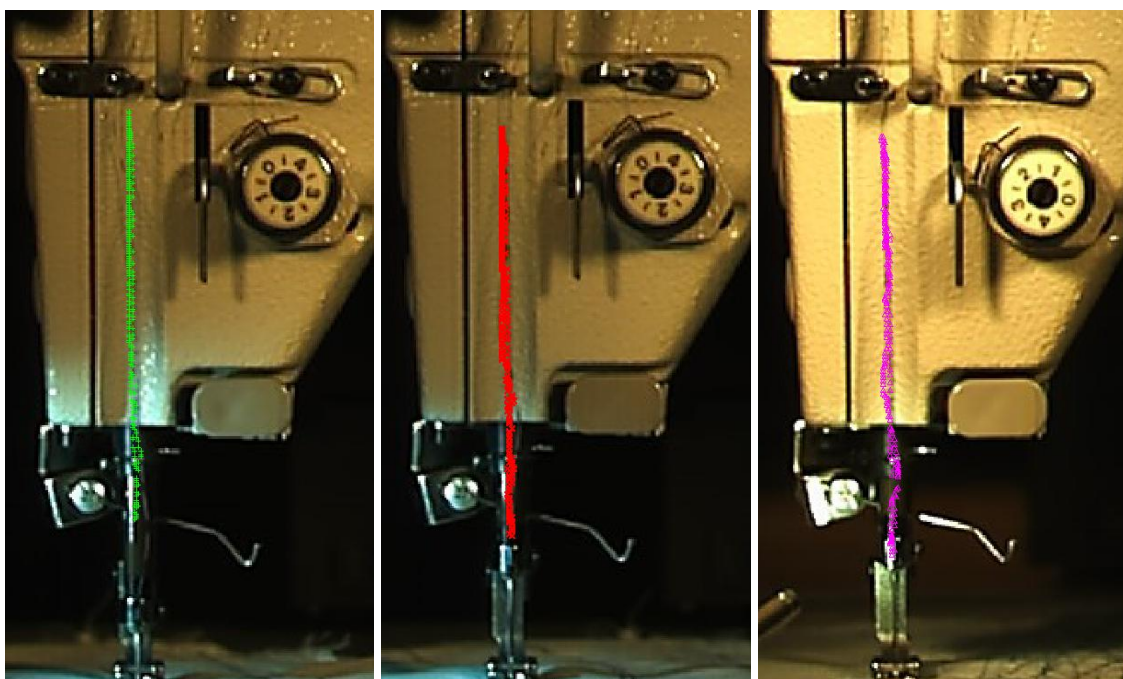
Každopádně i přes tuto nestabilitu, při porovnání velikosti chyby před a po vyhlazení, můžeme říci, že snížení chyby, v rámci rychlosti z velikosti do 80 % na velikost do 25 % a snížení chyby v rámci zrychlení z 500 % na 35 %, je celkem úspěšné a v dalších částech práce bude s daty nakládáno podobným způsobem.

4.2.4. Dráha nitě

Nyní když je ověřen aparát jak účinně získat z naměřené dráhy rychlost a zrychlení, mohlo být přistoupeno k vlastnímu vyhodnocení nití.

Jednotlivé videozáznamy byly vyhodnoceny podobně jako v experimentu 1. Tedy 5 analýz v každém videozáznamu a jak bylo výše zmíněno data byla setříděna na 40 hodnot v každém měření.

Protože byl záznam pořizován v kolmém směru na hlavu stroje, měnila se x-ová souřadnice jen nepatrně, mohla být tato souřadnice opomenuta a pro graf dráhy tak byla použita jen Y-ová souřadnice. (Obr 61-63)

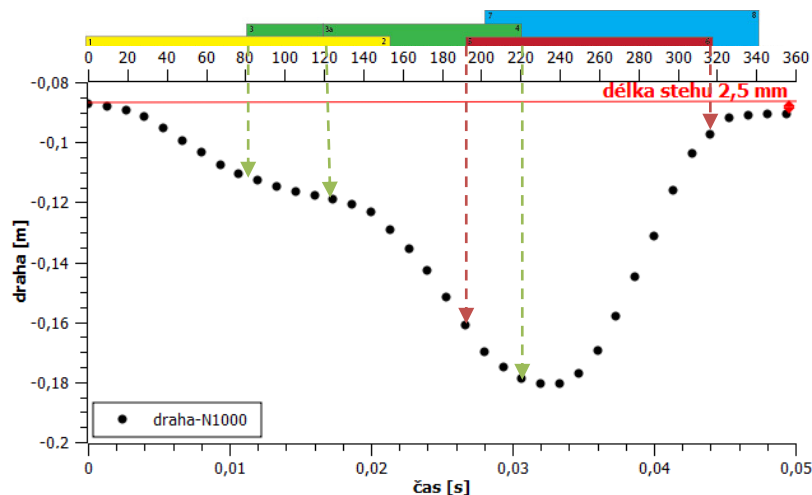


Obr 61. Příklad bodování pro 1000 ot/min

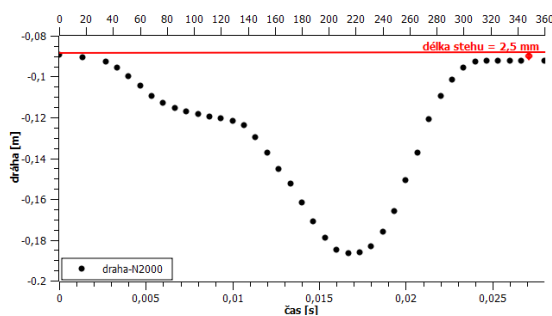
Obr 62. Příklad bodování pro 2000 ot/min

Obr 63. Příklad bodování pro 3000 ot/min

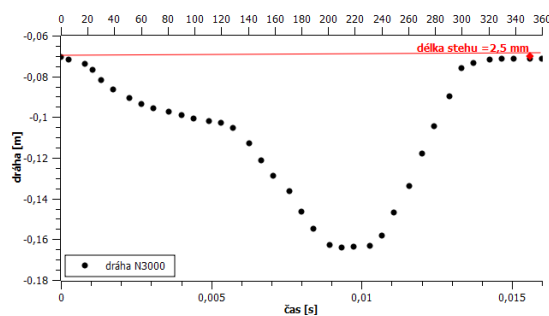
Z jednotlivých bodů každé naměřené dráhy byl vytvořen aritmetický průměr a tím byla získána vždy jedna souborná dráha pro každou rychlost otáček. (Obr 64-66)



Obr 64. Dráha nitě pro jeden steh, pro 1000 ot/min (dále jen N1000) s vloženým cyklogramem



Obr 65. Dráha nitě pro jeden steh, pro 2000 ot/min (dále jen N2000)



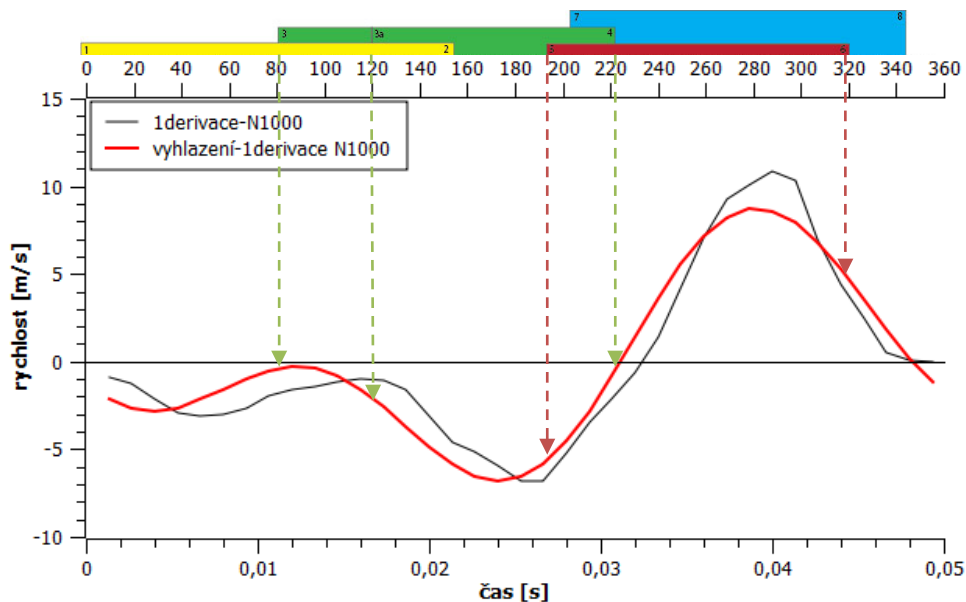
Obr 66. Dráha nitě pro jeden steh, pro 3000 ot/min (dále jen N3000)

Při srovnání jednotlivých drah je patrné prosazení se jednotlivých mechanismů, a i kdyby nebyla tato dráha postavena do souvislosti s cyklogramem jako je tomu na obr 64, bylo by patrné v kterých místech začíná a přestává pracovat určitý mechanismus. Zejména zachycení smyčky hrotem chapače a zdvih nitového táhliku je na průbězích dráhy zřetelné. Toto je patrné i ve vyšších rychlostech a nedochází k nežádoucímu „vyhlazení“ dráhy, jako tomu bylo v experimentu 1.

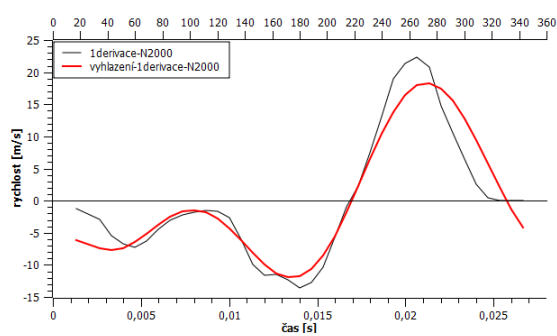
Správnost měřené dráhy, lze též určit pozorováním, že dráha nikdy nekončí v témže bodě, jako začíná, nýbrž je zde patrný posun o délku stehu.

4.2.5. Rychlost a zrychlení nitě

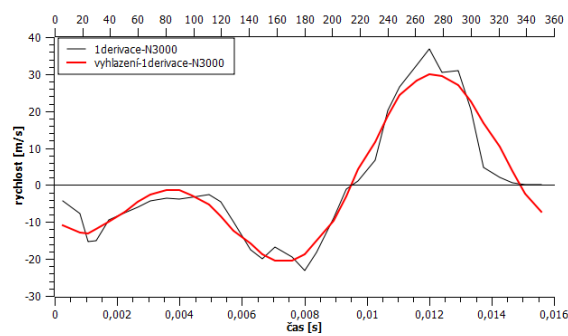
Jelikož předem není známý tvar derivace křivek dráhy nitě, jako byl znám u průběhu pohybu jehly, byl na derivované křivce nitě aplikován stejný postup vyhlazení jako při získávání rychlosti jehly. (Obr 67-69)



Obr 67. Rychlost N1000 s cyklogramem

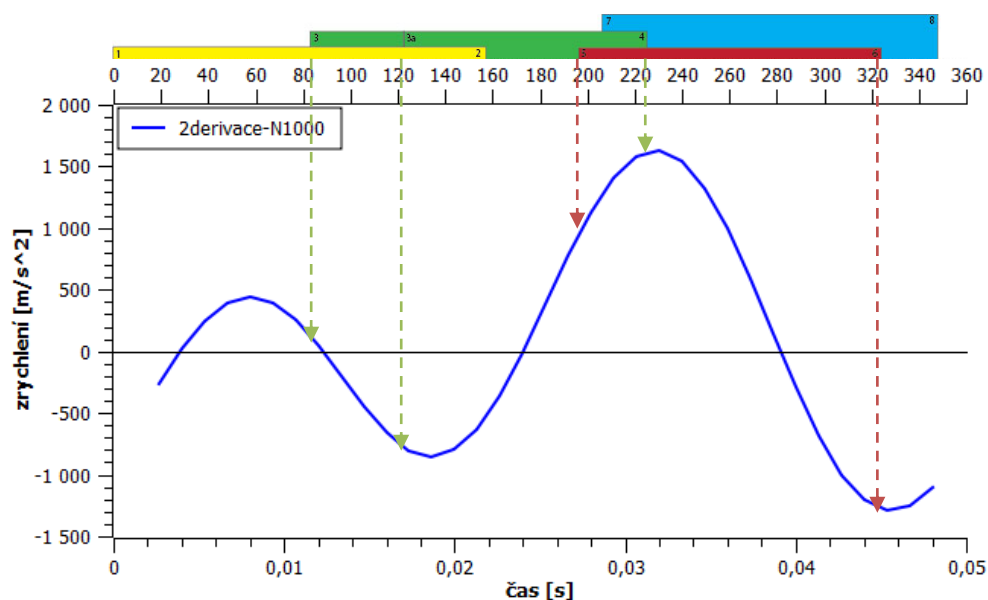


Obr 68. Rychlost N2000

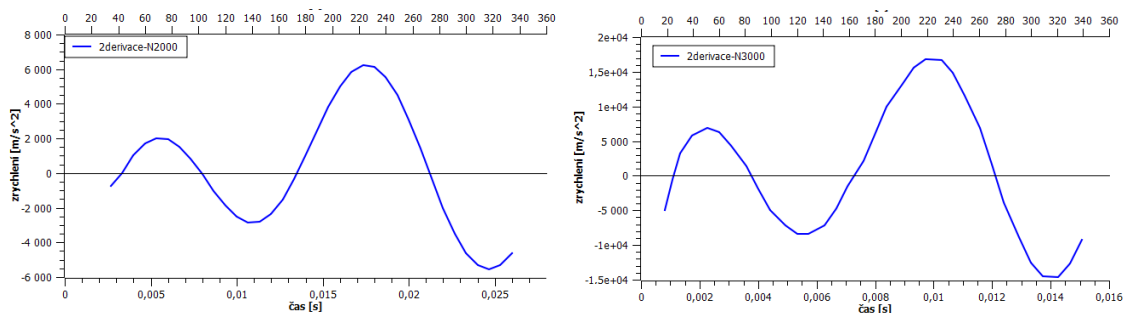


Obr 69. Rychlost N3000

Tyto vyhlazené křivky pak byly dále derivovány a bylo získáno zrychlení niti (Obr 70-72)



Obr 70. Zrychlení N1000 s cyklogramem

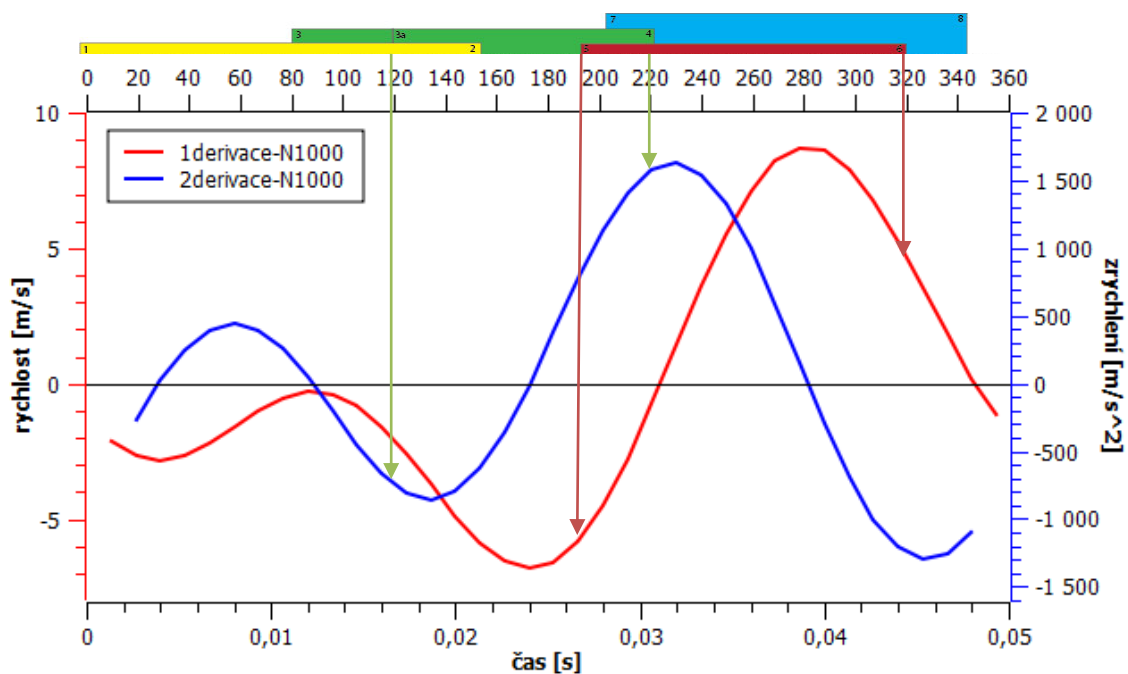


Obr 71. Zrychlení N2000

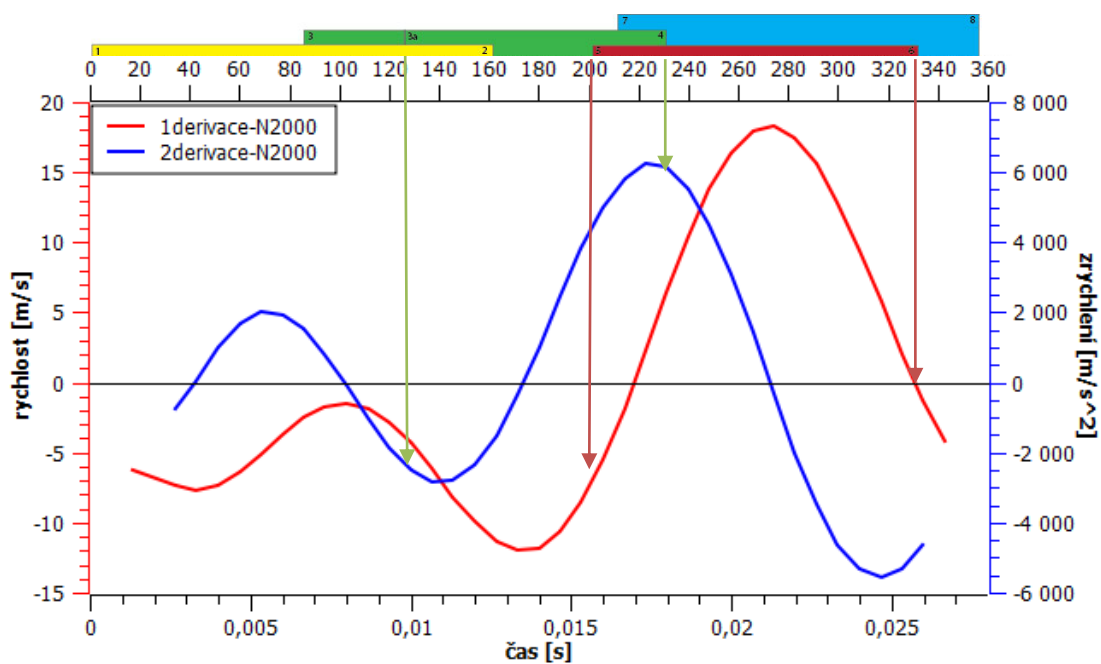
Obr 72. Zrychlení N3000

V dalších grafech je srovnáno vždy rychlost a zrychlení niti a tyto křivky jsou položeny do souvislosti s cyklogramem. Je proto možné si všimnout že rychlost nejvíce narůstá od chvíle, kdy niťový táhlik jde směrem vzhůru, kdežto zrychlení je největší v oblasti

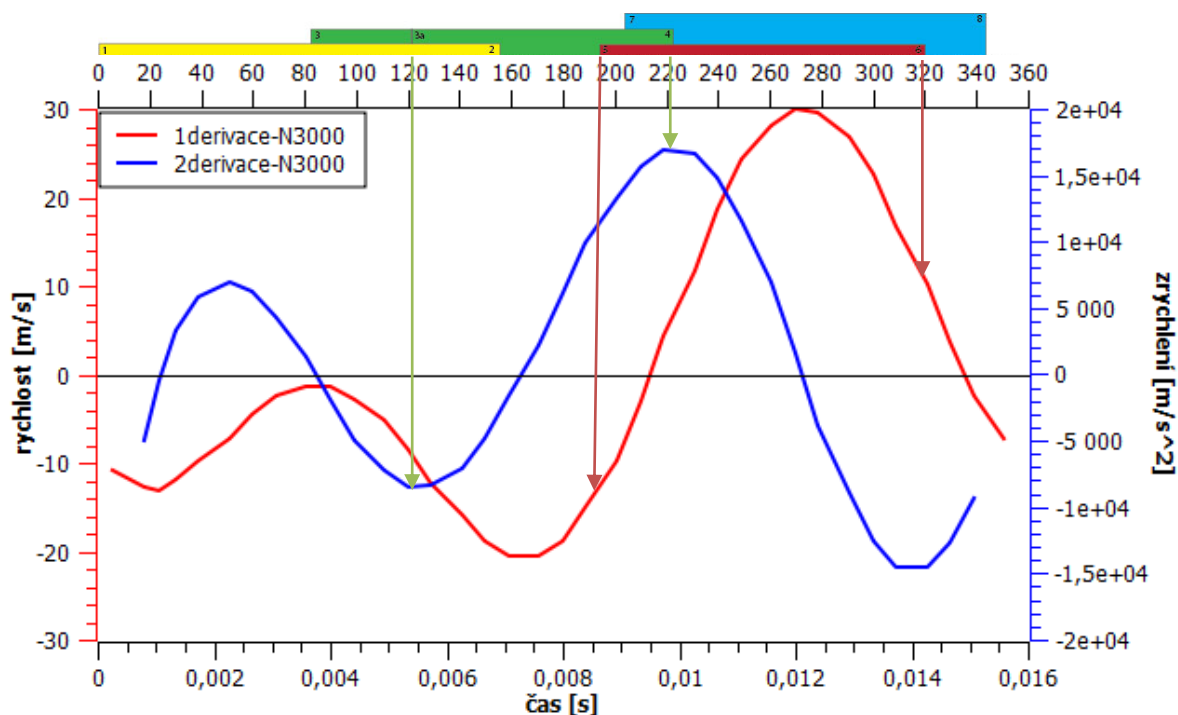
od zachycení smyčky nitě hrotem chapače po její přesmyknutí přes cívkové pouzdro (obr 73-75). Na druhou stranu je také zajímavé, že samotný pohyb jehly, má na rychlost a zrychlení nitě jen malý vliv.



Obr 73. Rychlost a zrychlení N1000 s cyklogramem



Obr 74. Rychlost a zrychlení N2000 s cyklogramem



Obr 75. Rychlost a zrychlení N3000 s cyklogramem

4.2.6. Síla působící na nit.

Síla byla vypočtena již z dříve zmíněného matematického vztahu:

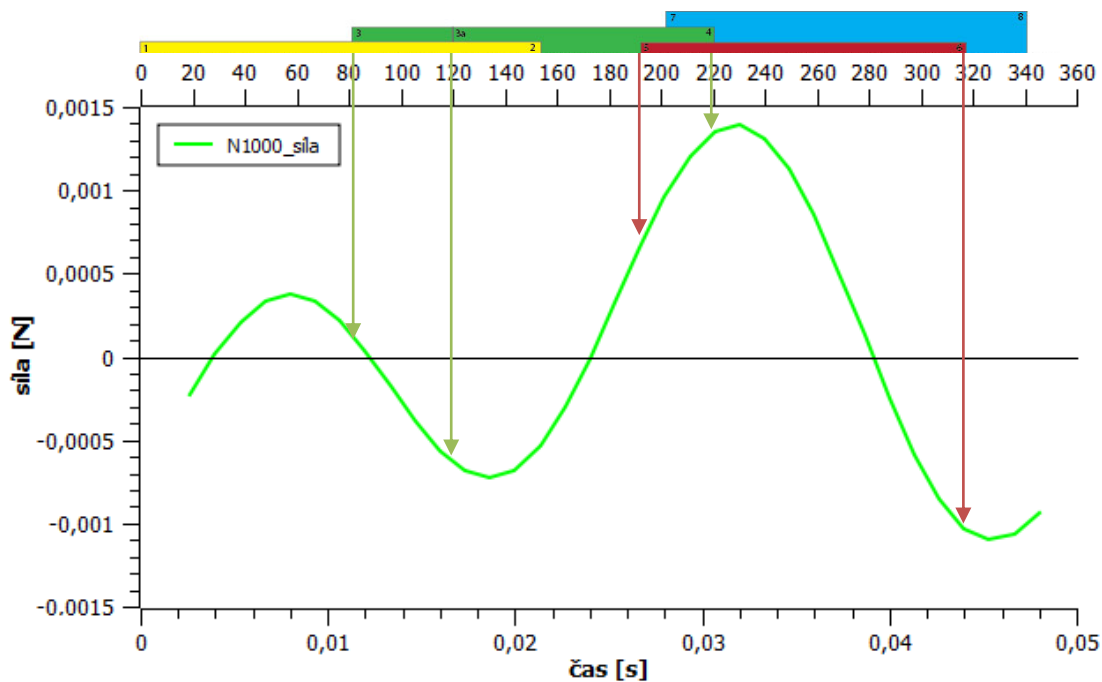
$$F[N] = a[m \cdot s^{-2}] \cdot m[kg]$$

Zrychlení bylo získáno z derivace rychlosti. Hmotnost byla konstantní, zjištěná z jemnosti niti : 0,284g

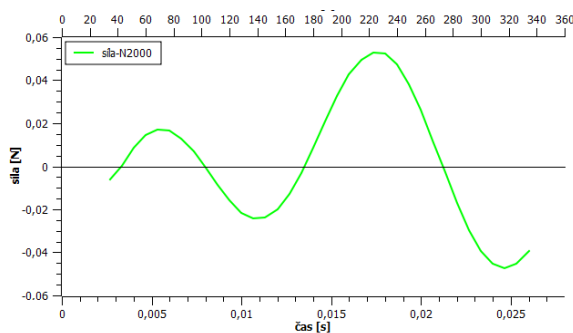
Jelikož však tato hmotnost je počítána na 10m niti, byla tato hmotnost přehodnocena. Uvědomíme-li si skutečnost, že vlastním úsekem tvorby stehu prochází úsek relativně malý, byla vzata v potaz pouze část nitě od talířové brzdičky, po očko jehly, což odpovídá přibližně 30-ti cm nitě. Váha tohoto úseku byla přepočítána pomocí jednoduché trojčlenky.

30cm niti: 0,000852g

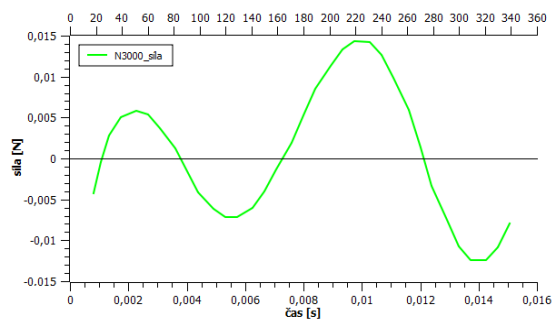
Všechna potřebná data a provedené výpočty jsou uvedeny v Příloha3.4.



Obr 76. Síla působící na N1000 s cyklogramem



Obr 77. Síla působící na N2000

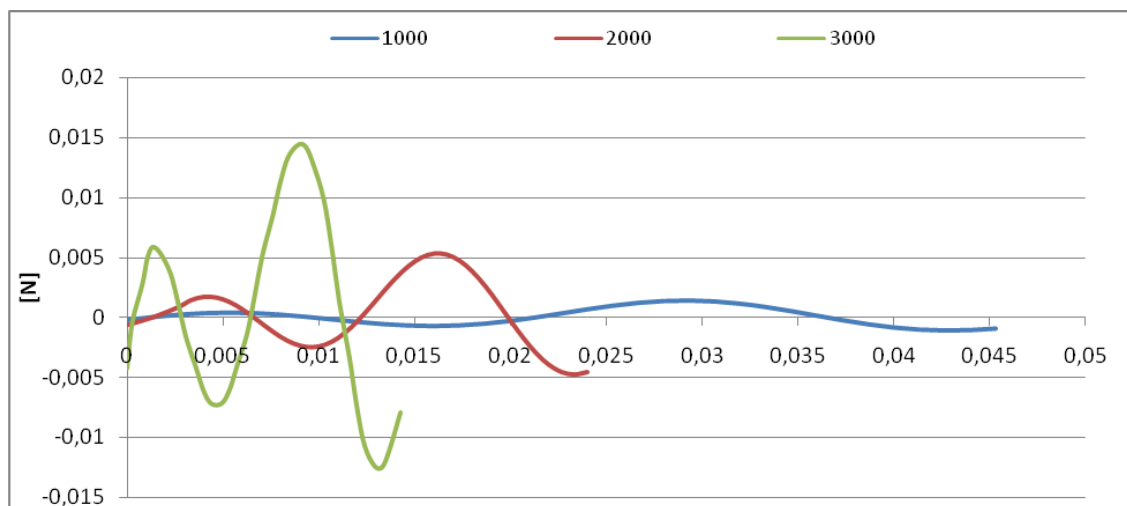


Obr 78. Síla působící na N3000

Podle uvedených grafů lze konstatovat že největší síla působí na nit v okamžiku, kdy smyčka horní niti je již přesmyknuta přes cívkové pouzdro, ale ještě nebyla puštěna hrotem chapače, ale už se začíná zvedat niťový táhlík a začíná utahovat zásobu horní nitě. Je možné též zauvažovat nad tím, že v místě kdy je jehla v nejnižší úvratí, ještě před tím než je smyčka horní nitě zachycena hrotem chapače, je niťovým

táhlíkem podávána zásoba horní niti a tedy se nit v tomto místě zdá být spíše tlačena než tažena. (Obr 76-78)

Na závěr této kapitoly srovnání, jak se velikost síly mění v průběhu změny rychlosti otáček hlavního hřídele (Obr 79)



Obr 79. změna velikosti síly se změnou rychlosti otáček hlavního hřídele

4.3. Porovnání z dřívějšími pracemi

Neobhájená disertační práce Ing. Jiří Pech

Výsledky této práce byly porovnány z prací ing. Pecha, kdy síla působící na nit byla snímána kontaktní sondou po dobu 5 sekund. Testováno bylo několik nití, mezi nimiž byla i polyesterová střižní nit Belfil 120 o jemnosti 12.4tex x 2

Tabulka 6 udává hodnoty naměřené prací ing. Pecha

tab 6. Hodnoty síly naměřené pro bavlněnou nit

| Otáčky šicího stroje | Maximální naměřená síla v [N] |
|----------------------|-------------------------------|
| 300 | 0,8 |
| 1000 | 1,1 |
| 1531 | 1,1 |
| 2100 | 1,2 |
| 3112 | 1,1 |
| 5015 | 1,1 |

V tab 6. jsou zvýrazněny otáčky stroje, které jsou stejné, nebo velmi podobné s měřeními této práce. V Tabulce 7 jsou vyselektována tato měření a rozšířena o maximální hodnoty získané touto prací.

tab 7. Srovnávané hodnoty síly

| Otáčky šicího stroje | Max F – Pech [N] | Max F – vysokorychlostní kamera [N] |
|----------------------|------------------|-------------------------------------|
| 1000 | 1,1 | 0,0013 |
| 2000 – 2100 | 1,2 | 0,0053 |
| 3000 – 3112 | 1,1 | 0,014 |

Při porovnání těchto hodnot vidíme, značné rozdíly. V prve řadě velmi znatelný rozdíl co se velikosti týče. Naproti tomu je v měřeních vysokorychlostní kamerou vidět nárůst síly vlivem zvyšování otáček stroje. Tento nárůst je vždy dvojnásobný až trojnásobný, kdežto síla v porovnávané práci je v podstatě konstantní. Nicméně je stále třeba si uvědomovat, že síla zjišťovaná pomocí vysokorychlostní kamery, se pohybuje stále v určité teoretické rovině, kdežto síla měřená ing. Pechem je měřená fyzicky.

5. Závěr

Cílem mé práce bylo zjistit jak je namáhána nit během tvorby stehu. V práci jsem se zaměřila na vlastní fyzickou sílu, kterou stroj působí na šicí nit. Tuto sílu jsem zjišťovala vysokorychlostní kamerou, jejíž pomocí jsem určila dráhu kterou nit urazí za určitý čas a pomocí její derivace podle času jsem získala rychlost a následně zrychlení a z tohoto zrychlení jsem pak určila samotnou sílu.

Po počátečních neúspěších bylo v experimentu 2 zjištěno, že síly působící na nit během šití jsou velmi malé. Ani v jedné z měřených rychlostí, vlastní síla nedosáhla hodnoty vyšší než 0,5N. Když poté vezmeme v úvahu sílu změřenou při testu na trhačce, kde síla potřebná pro přetržení niti byla téměř 8N, je zatížení působící na nit během šití takřka nulové. V takovém případě by i poškození vlivem působení této síly mělo být minimální a spoj vytvořený během tohoto šití, by měl být trvanlivý a kvalitní. Nicméně na základě zjištěné odchylky při měření dráhy jehly, se dá usuzovat že tímto způsobem můžeme zjistit průběh síly a tvar funkce, nikoliv přesné hodnoty. Hodnoty zjištěné touto metodou, můžeme považovat pouze za orientační. Aby mohlo být dosaženo přesnějších hodnot, je potřeba zauvažovat nad dokonalejší metodou měření. Jedná se tu především o vhodnou kombinaci rychlosti a rozlišení videozáznamu a posléze o přesnější obodování dráhy nitě v programu využívaném pro analýzu.

Také je potřeba si uvědomit že tato práce se zabývá pouze tahovými silami. Aspekty jako jsou třecí síly a další, jsou zde naprosto opomenuty, tudíž výsledek této práce odráží pouze částečné namáhání nitě.

Osobně si myslím že tato metoda může přinést pozitivní poznatky do budoucna. Zejména proto že tato metoda je bezkontaktní a nedestruktivní. Je však zapotřebí aby tato metoda koordinovala i s jinými způsoby měření, jelikož vyžaduje neustálou kontrolu a srovnání. Proto říkám že tímto způsobem je možné zjišťovat sílu působící na nit v průběhu šití, avšak tato metoda má před sebou ještě velmi dlouhou cestu a bude vyžadovat spoustu úsilí.

6. Literatura

1. KUMAR MIDHA, Vinay, et al. Studies on the Changes in Tensile Properties of Sewing Thread at Different Sewing Stages. *Textile Research Journal*. September 2009, 79, s. 1155 - 1167 .
2. SUNDARESAN, G.; HARI, P.K.; SALHOTRA, K.R. Strength Reduction in and Damage to Fibres during High-speed Sewing in an Industrial Lockstitch Machine. *Journal of the Textile Institute*. 1998, 89, s. 422 - 435.
3. WIĘŻŁAK, Włodzimierz; ELMRYCH-BOCHEŃSKA, Joanna. Process of the Lockstitch Tightening and Optimisation of the Thread Working Conditions. : Part I. Dynamic Model of the Phenomenon. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. October/December 2006, 58, s. 64 - 67.
4. WIĘŻŁAK, Włodzimierz; ELMRYCH-BOCHEŃSKA, Joanna. Process of the Lockstitch Tightening and Optimisation of the Thread Working Conditions. : Part II. The Trial of Optimising the Interlacement Location in the Stitch Link. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. January / March 2007, 60, s. 62 - 65.
5. BEDENKO, V.E.; IVANOV, M.N.; RUBIN, A.E. EVALUATING THE PROPERTIES OF SEWING THREAD FOR ITEMS FOR INDUSTRIAL AND SPECIAL APPLICATIONS IN STANDARDIZING THEM. *Fibre chemistry*. 2009, 41, 6, s. 364-364.
6. MILITKÝ, J. *Textilní zkušebnictví* [online]. Liberec : Skripta TUL, 2002 [cit. 2011-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/TextilniZkusebnictvi.pdf>>.
7. ČSN EN ISO 2062. Textilie – Nitě na návinech – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu pomocí přístroje s konstantní rychlostí prodloužení (CRE). Brno: Textilní zkušební ústav, 2010.
8. ING. BC. ZELOVÁ, Katarina. TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. *Stroje a zařízení v oděvní výrobě: spojovací proces* [elektronická prezentace].
9. *I-SPEED 3 - High Speed Video Camera* [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.olympus-ims.com/cs/ispeed-3/>
10. Cyklogram šicího stroje. *Spojovací proces* [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Tov/frvs608/5_cyklogram_SS.htm
11. *SciDAVis - Welcome* [online]. 2010 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://scidavis.sourceforge.net/>

Seznam příloh

Příloha 1. Výsledky měření pevnosti šicí niti na trhačce.

Příloha 2. Datové DVD obsahující videa natočená vysokorychlostní kamerou pro:

Příloha2.1. experiment 1.

Příloha2.2. experiment 2.

Příloha 3. Datové CD obsahující:

Příloha3.1. Výstupní data z analýzy v programu i-speed pro experiment 1

Příloha3.2. Vyhodnocená data z analýz experimentu 1 + grafy.

Příloha3.3. Výstupní data z analýzy v programu i-speed pro experiment 2

Příloha3.4. Setříděná a Vyhodnocená data experimentu 2 + grafy

Příloha3.5. Dráha jehly – naměřená data pohybu jehelní tyče a výpočet analytických hodnot sinusoidy + grafy

Příloha3.6. Data potřebná pro výpočet chyby měření - výpočet chyby měření

Seznam obrázků

- Obr 1. Zóny jehelní nití v šicím stroji [1]
- Obr 2. Tahové křivky testovaných šicích nití [1]
- Obr 3. Frekvenční plocha prodloužení vlákna PC80 [2]
- Obr 4. Frekvenční plocha prodloužení vlákna BH100 [2]
- Obr 5. Příčné trhliny a poškození povrchu vláken: PC80 [2]
- Obr 6. Příčné a podélné trhliny na povrchu vlákna: PC80 [2]
- Obr 7. Příčné a podélné trhliny na povrchu vlákna: PC80 [2]
- Obr 8. Axiální dělení polyesterového vlákna [2]
- Obr 9. Axiální dělení bavlněného vlákna. [2]
- Obr 10. Trhlina vzniklá o kovové části. [2]
- Obr 11. Fyzikální model dynamického umístění provázání nití b) oblast provázání, c) zatahování nití, d) oblast cívkového pouzdra.[3]
- Obr 12. Stanovené nomogramy. [4]
- Obr 13. Optimalizační nomogram pro tři šicí nitě. [4]
- Obr 14. Stanovení koeficientu y [4]
- Obr 15. Výsledky experimentů grafy [4]
- Obr 16. Analýza ztráty pevnosti. [4]
- Obr 17. Trvanlivost n_b nití při cyklickém zatížení [5]
- Obr 18. -19. Tahové křivky z trhacího stroje
- Obr 19. Cyklogram pro šicí stroj brother
- Obr 20. Schéma tvorby vázaného stehu 300 [8]

- Obr 21. Schéma tvorby řetízkového stehu 400 [8]
- Obr 22. Vysokorychlostní kamera Olympus i-speed 3 [9]
- Obr 23. Zdroje světla firmy Olympus [9]
- Obr 24. Video 73 ot/min o rychlosti 100fps
- Obr 25. Video 1875 ot/min o rychlosti 500fps
- Obr 26. video 3225 ot/min o rychlosti 750 fps
- Obr 27. Obodování nití ve videozáznamu 100fps pro rychlost stroje 73 ot/min
- Obr 28. Obodování nití ve videozáznamu 500fps pro rychlost stroje 1875 ot/min
- Obr 29. Graf dráhy pro 73 ot/min
- Obr 30. Graf rychlosti pro 73 ot/min
- Obr 31. Graf dráhy pro 1875 ot/min
- Obr 32. Graf rychlosti pro 1875 ot/min
- Obr 33. Graf dráhy pro 3225 ot/min
- Obr 34. Graf rychlosti pro 3225 ot/min
- Obr 35. Snímek ze záznamu o rychlosti 5000 fps pro 1000ot/min
- Obr 36. Snímek ze záznamu o rychlosti 7500 fps pro 1000ot/min
- Obr 37. Snímek ze záznamu o rychlosti 5000 fps pro 2000ot/min
- Obr 38. Snímek ze záznamu o rychlosti 7500 fps pro 2000ot/min
- Obr 39. Snímek ze záznamu o rychlosti 5000 fps pro 3000ot/min
- Obr 40. Snímek ze záznamu o rychlosti 7500 fps pro 3000ot/min
- Obr 41. Obodování pohybu jehelní tyče pro získání dráhy jehly. 1000 ot/min
- Obr 42. Označení jednoho konkrétního bodu na nití s přiblížením 1000 ot/min

Obr 43. Naměřená dráha jehelní tyče, proložená vypočtenou sinusoidou pro 1000 ot/min (dále J1000)

Obr 44. Naměřená dráha jehelní tyče, proložená vypočtenou sinusoidou pro 2000 ot/min (dále J2000)

Obr 45. Naměřená dráha jehelní tyče, proložená vypočtenou sinusoidou pro 3000 ot/min (dále J3000)

Obr 46. 1derivace pro 1000 ot/min

Obr 47. Rychlost jehelní tyče pro 1000 ot/min s cyklogramem

Obr 48. Rychlost jehelní tyče pro 2000 ot/min

Obr 49. Rychlost jehelní tyče pro 3000 ot/min

Obr 50. Zrychlení jehelní tyče pro 1000 ot/min s cyklogramem

Obr 51. Zrychlení jehelní tyče pro 2000 ot/min

Obr 52. Zrychlení jehelní tyče pro 3000 ot/min

Obr 53. Srovnání rychlosti a zrychlení pro 1000 ot/min s cyklogramem

Obr 54. Srovnání rychlosti a zrychlení pro 2000 ot/min

Obr 55. Srovnání rychlosti a zrychlení pro 3000 ot/min

Obr 56. Graf změny chyby v průběhu měření

Obr 57. Graf změny chyby v průběhu měření po vyhlazení

Obr 58. Graf změny odchylky v průběhu měření - vyloučené vybočující chyby

Obr 59. graf změny chyby v průběhu měření po vyhlazení - vyloučené vybočující chyby

Obr 60. Příklad bodování pro 1000 ot/min

Obr 61. Příklad bodování pro 2000 ot/min

Obr 62. Příklad bodování pro 3000 ot/min

Obr 63. Dráha nitě pro jeden steh, pro 1000 ot/min (dále jen N1000)
s vloženým cyklogramem

Obr 64. Dráha nitě pro jeden steh, pro 2000 ot/min (dále jen N2000)

Obr 65. Dráha nitě pro jeden steh, pro 3000 ot/min (dále jen N3000)

Obr 66. Rychlost N1000 s cyklogramem

Obr 67. Rychlost N2000

Obr 68. Rychlost N3000

Obr 69. Zrychlení N1000 s cyklogramem

Obr 70. Zrychlení N2000

Obr 71. Zrychlení N3000

Obr 72. Rychlost a zrychlení N1000 s cyklogramem

Obr 73. Rychlost a zrychlení N2000 s cyklogramem

Obr 74. Rychlost a zrychlení N3000 s cyklogramem

Obr 75. Síla působící na N1000 s cyklogramem

Obr 76. Síla působící na N2000

Obr 77. Síla působící na N3000

Obr 78. Změna velikosti síly se změnou rychlosti otáček hlavního hřídele

Seznam tabulek

tab 1. Vlastnosti šicích nití [1]

tab 2. Střední hodnoty mechanických vlastností vláken v různých fázích šití. [1]

tab 3. Vlastnosti vláken v tahu [2]

tab 4. Výsledky tahových zkoušek různých přízí. [5]

tab 5. Chyba měření

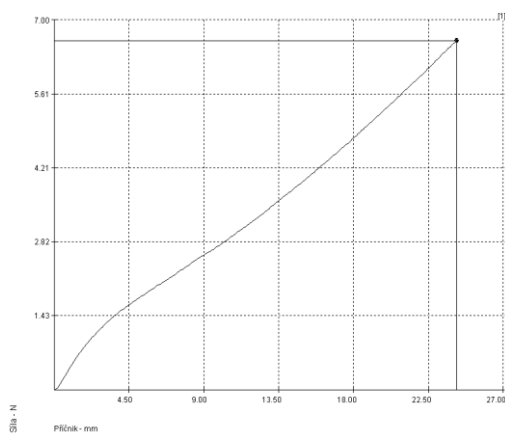
tab 6. Hodnoty síly naměřené pro bavlněnou nit

tab 7. Srovnávané hodnot síly

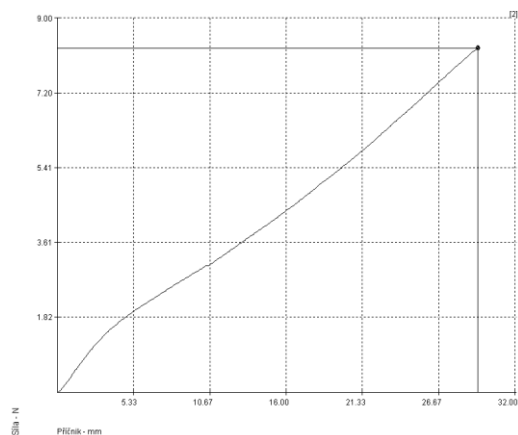
7. Přílohy

Příloha 1.

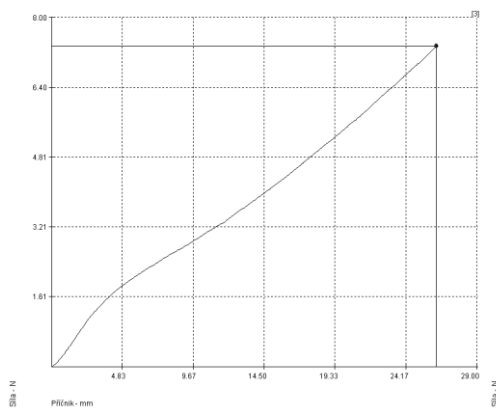
| upínací délka $l_0=250$ mm | síla[N] | l_1 [mm] | l_1+l_0 [mm] |
|--|----------|---------------|----------------|
| | 6,62 | 24,13 | 274,13 |
| | 8,3 | 29,3 | 279,3 |
| | 7,3 | 26,1 | 276,1 |
| | 8,5 | 28,9 | 278,9 |
| | 8,8 | 30,2 | 280,2 |
| | 7,9 | 28,3 | 278,3 |
| | 7,5 | 26,8 | 276,8 |
| | 8 | 29,2 | 279,2 |
| | 8,5 | 30,4 | 280,4 |
| | 8,2 | 30,4 | 280,4 |
| | 7,6 | 26,4 | 276,4 |
| | 7,8 | 82,3 | 332,3 |
| | 7,918333 | 32,7025 | 282,7025 |
| | | | |
| | | | |
| protažení = $(l_1-l_0)/l_0 * 100=\%$ | | 13,081 | |



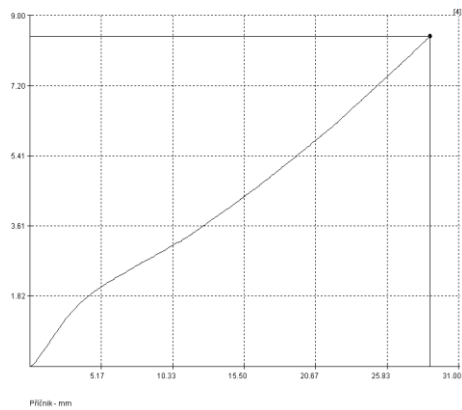
Obr 1. měření 1



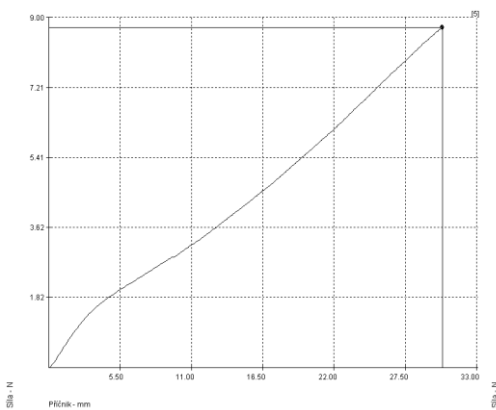
Obr 2. měření 2



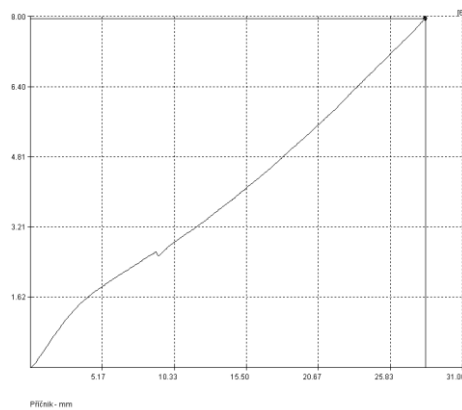
Obr 3. měření 3



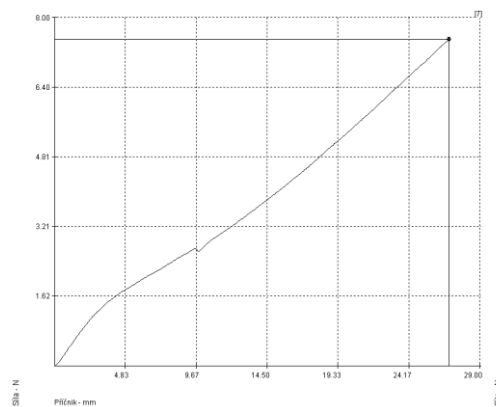
Obr 4. měření 4



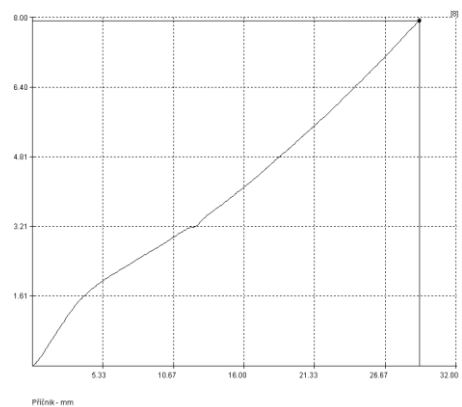
Obr 5. měření 5



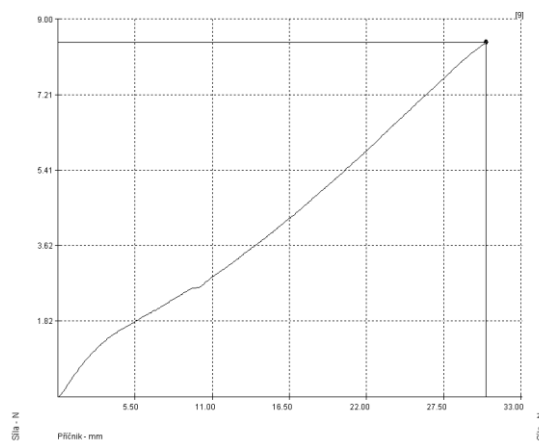
Obr 6. měření 6



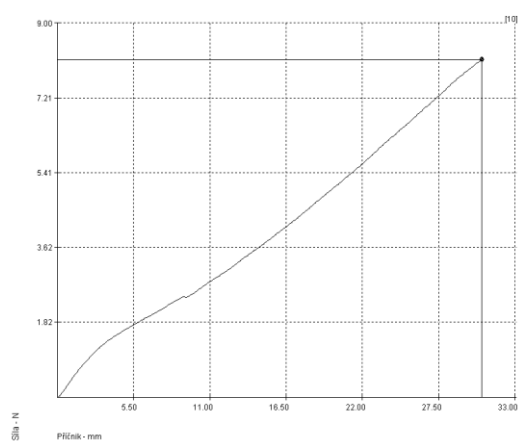
Obr 7. měření 7



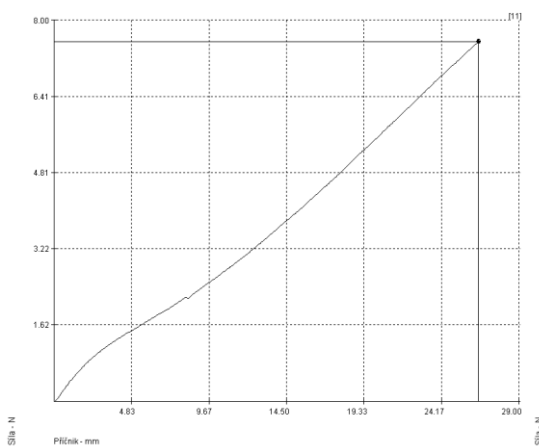
Obr 8. měření 8



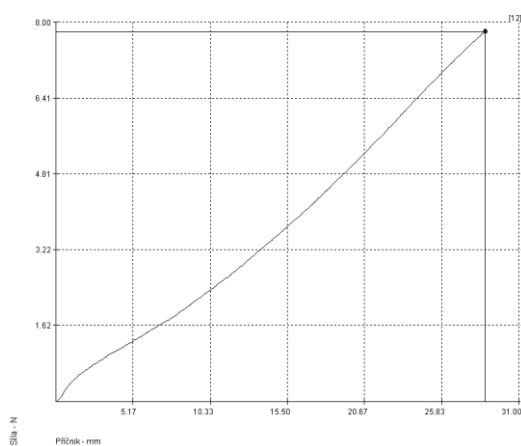
Obr 9. měření 9



Obr 10. měření 10



Obr 11. měření 11



Obr 12. měření 12